

VÄHIMMÄISKUVAVAATIMUS

*ESIMERKKINÄ ARKEOLOGISTEN HAUTAKAIVAUSTEN DIGITAALINEN
DOKUMENTOINTI JA 3D-MALLINNUS*

Jenna Savolainen
Pro gradu -tutkielma
Helsingin Yliopisto
Humanistinen tiedekunta
Kulttuurien laitos
Arkeologia

Sisällysluettelo

1. JOHDANTO	5
1.1 TEOREETTINEN TAUSTA	8
1.2 TYÖN TAVOITTEET	9
2. ARKEOLOGINEN DOKUMENTOINTI	11
2.1 VALOKUVAUSDOKUMENTOINTI	12
2.1.1 VALOKUVAUKSEN HISTORIA SUOMALAISESSA ARKEOLOGIASSA	13
2.2 KOLMIULOTTEINEN MALLINTAMINEN	15
2.1.2 KOLMIULOTTEISEN MALLINTAMISEN HISTORIA SUOMALAISESSA ARKEOLOGIASSA	16
2.3 ETIIKKA	18
3. METODIT JA LAITTEISTOT	19
3.1 VALOKUVAUSHYPOTEESI	19
3.2 LAITTEISTO	25
3.3 OHJELMAT	26
4. TUTKIMUS	27
4.1 TUTKIMUKSEN MATERIAALI	28
4.2 KOLMIULOTTEINEN MALLINTAMINEN	30
4.2.1 LUURANKO (LH1), HELSINKI	33
4.2.2 FORENSINEN KOE (FK2), NUMMI-PUSULA	35
4.2.3 JOUKKOHAUTA (JK3), KARJALAN KANNAS	39
4.2.4 RÖYKKIÖHAUTA [753010010] (RS4), SIPOO	40
5. MALLIEN TARKASTELU JA TULKINTA	43
5.1 TASOKARTASTA KOLMIULOTTEISEEN MAAILMAAN	45
5.2 MALLIEN JATKOKÄYTTÖ	49
5.3 TALLENTAMINEN, JULKAISU JA JULKAISUN ETIIKKA	53
5.4 POHDINTAA	56
6. JOHTOPÄÄTELMÄT	59
LÄHDELUETTELO	60
KARTTALUETTELO	63
KUVALUETTELO	64
LIITTEET	65
TAULUKKO 2: YHTEENVETO MALLINNUKSESTA	66
TAULUKKO 3: YHTEENVETO MALLIEN PISTEPILVISTÄ	66



Tiedekunta/Osasto – Fakultet/Sektion – Faculty Humanistinen tiedekunta		Laitos – Institution – Department Kulttuurien osasto	
Tekijä – Författare – Author Jenna Savolainen			
Työn nimi – Arbetets titel – Title Vähimmäiskuvavaatimus– Esimerkkinä arkeologisten hautakaivausten digitaalinen dokumentointi ja 3D-mallinnus			
Oppiaine – Läroämne – Subject Arkeologia			
Työn laji – Arbetets art – Level Pro-gradu	Aika – Datum – Month and year 23.01.2019	Sivumäärä– Sidoantal – Number of pages 79 (joista liitteitä 14)	
Tiivistelmä – Referat – Abstract <p>Tutkimuksessa käsitellään arkeologisten kenttätöiden valokuvadokumentointia ja tarkastellaan mahdollisuutta luoda vähimmäismääre arkeologisten kaivausten valokuvausdokumentoinnille. Tutkimus perustuu menetelmäkokeiluun, jonka periaatteella vähimmäiskuvamääre voidaan perustella. Kuvien perusteella alueista rekonstruoidaan kaivausalueet virtuaaliseen muotoon sekä tarkastellaan niiden mahdollisuutta arkeologisessa dokumentoinnissa sekä jatkotutkimuksessa. Tavoitteena on selvittää, voidaanko kaivausdokumentoinnilla saada objektiivisempaa dokumentaatiota tutkittavista kaivausalueista sekä voidaanko vähimmäismääreen kuvista luoda kolmiulotteisia malleja esimerkiksi jatkotutkimusta varten.</p> <p>Tämän lisäksi tutkimuksessa pohditaan arkeologisen dokumentoinnin digitalisoitumista, tehokkuutta sekä vertaillaan taso – ja profiilikarttojen digitoinnin tuloksia suoraan kolmiulotteisesta malleista tehtyihin karttoihin. Tutkimuksessa verrataan niin ikään älypuhelimien kuvien laatua järjestelmäkameroiden kuvien laatuun. Tämän avulla kartoitetaan älypuhelimien kameroiden käyttömahdollisuuksia valokuvadokumentoinnissa tulevaisuuden arkeologisessa kenttädokumentoinnissa.</p> <p>Tutkimusaineistona toimivat neljältä erilaiselta kohteelta tallennetut, vähimmäismääreen mukaiset valokuvat sekä alueista tehty taso – ja digikartat. Nämä alueet ovat Karjalan kannakselta tallennettu neuvostosotilaiden joukkohauta, forensinen koekaivaus, Messängenin rökkiöhauta [753010010] nro. 4 ja rekonstruoitu luuranko. Kuvattavat ja rekonstruoitavat alueet edustavat hauta-alueita, mutta tutkimuksen vähimmäismääre on sovellettavissa muidenkin kaivausten valokuvadokumentointiin.</p> <p>Tutkimuksessa luodun hypoteesin perusteella valokuvausdokumentoinnille voidaan määrittää karkea vähimmäismääre, joka voidaan kohdentaa ensisijaisesti ennen kaikkea pienille ja keskikokoisille kaivauksille, joiden tutkimuslaitteistoon eivät kuulu laserskannauslaitteistot tai muut vastaavat laitteet.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords Arkeologia, Vähimmäiskuvavaatimus, Kaivausdokumentointi, 3D-mallintaminen, VR, Kenttätyö, Dokumentointi			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Keskustakampuksen kirjasto			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			

Kiitokset

Haluan lausua kiitokset kaikille työssäni mukana olleille opiskelu- sekä työtovereilleni. Haluan erityisesti kiittää ystäviäni siitä kaikesta tuesta ja avusta, jonka avulla tutkimus saatettiin kunnialla loppuun. Kiitokset Lasse Nymanille sekä koko ryhmä Taipaleelle yhteistyöstä ja tutkimusmateriaaleista.

Erityiskiitokset: kiitos Thomas Ermalalle kolmiulotteisen mallintamisen ohjaamisesta ja avustamisesta, sekä kiitos Wesa Perttolalle ja Johanna Roihalle kaikesta avusta.

Lopuksi haluan esittää mitä suurimmat kiitokseni kannustavasta ja ammattitaitoisesta ohjauksesta sekä tuesta Heli Etu- Sihvolalle ja Ulla Moilaselle.

”Dokumentoinnin on oltava niin tarkkaa, että kohde pystytään rekonstruoimaan tutkimuksen tarpeisiin riittävästi kaivausten jälkeenkin.”

Suomen arkeologisten kenttätöiden laatuohjeet
- Museovirasto 2016

1. JOHDANTO

Jo opintojensa alkuvaiheessa arkeologian opiskelija kohtaa toistuvasti arkeologian perusoletuksen kaivausten tuhoavuudesta ja dokumentoinnin painoarvosta. Tutkimuksen dokumentointia ja tallentamista harjoitellaan erilaisilla kursseilla ja metodeilla, esimerkiksi tasokarttojen piirtämistä ja digitointia, kaivauksilla löytöjen talteenottoa ja kaivausraporttien tekoa sekä arkistotyötä (löytöjen puhdistus ja luettelointi). Jo ensimmäisenä vuonna tein varsin kiinnostavan havainnon siitä kuinka paljon eri kaivausalueiden valokuvausdokumentointi, ja dokumentointi kaiken kaikkiaan, eroavat toisistaan. Viimeisenä kandidatuutenani suoritin kandidaatintutkielman osana Kaivausprojekti-kurssia,¹ tehden metallinilmaisinharrastajien ja sotavainajien etsijöiden kanssa vainajan noston arkeologisia menetelmiä hyödyntäen. Idea vähimmäiskuvavaatimukselle muodostui kentällä, keskellä Ilomantsin entistä sotatannerta, josta oli paikannettu neuvostosotilaan olinpaikka.

Aivan aluksi kohtasin ongelman ajan kanssa. Sotavainajien nostaminen ja dokumentointi tehdään nopealla tempolla, aikaa saattaa olla vain viikonloppu. Arkeologisille jatkotutkimuksille ei ensisijaisesti ole resursseja, eikä tällä hetkellä arkeologista lähestymistä juuri tehdä (lukuun ottamatta yhteistyöprojektit). Kaivaustilanne oli nopea ja aikataulusta ei voitu joustaa; oli siis ennakoitava niin pitkälle kuin se on kaivauskohteilla mahdollista. Vaikka kuvia ja dokumentoitua aineistoa kerättiin, jäi mieltäni askarruttamaan se, ettei kuvaamiselle ja sen laadulle ole vielä asetettu vähimmäisvaatimusta suomalaisessa arkeologiassa. Mistä voin tietää, riittääkö aineisto tulevaisuuden tutkijoita varten ja toisaalta, voidaanko muistiinpanoistani ja raportista muodostaa tarpeeksi kattava kuva vielä vuosienkin päästä?

Vaikka esimerkkinä onkin peräisin konfliktialueen kaivauksesta ja kaivaustavoista, ei kiire ja etenemisen paine ole vain sotavainajien kaivamisessa esiintyvä asia. Kiire on arkeologisilla kohteilla usein läsnä ja vääjäämättä asettaa tiettyjä rajoja sille, kuinka tarkkaan alueet voidaan paikan päällä tutkia.² Ajatus yhteneväisestä

¹ Vuonna 2017 kurssi oli Helsingin yliopiston tarjoama kurssi, jossa opiskelija sai suorittaa itse kaivauksen. Lakiteknisistä syistä kohde ei saanut olla muinaismuistokohde.

² Roiha, 2018:8.

kuvausohjeistuksesta nousikin ensimmäistä kertaa esiin, kun pyrin löytämään ohjeet siitä, miten arkeologisilla (tässä tapauksessa hauta-) kaivauksilla tulisi kuvata ja mistä kuvakulmasta. Kävi ilmi, ettei yhtenäistä linjaa ollut. Tämä sai minut pohtimaan sitä, voitaisiinko jonkinlainen vähimmäiskuvausvaatimus määritellä. Määreen avulla pystyttäisiin mahdollisesti varmistamaan arkeologisten kohteiden samankaltainen dokumentointi, joka perustuisi tiettyihin rajaehtoihin. Voitaishiinko kaivausalueiden valokuvaamisen kautta tehtävälle dokumentoinnille asettaa laatuvaatimus niin, että tulevaisuuden kuvat olisivat vertailtavissa kattavasti, oli ne sitten otettu Uudellamaalla tai Lapissa?

Arkeologian kaivausdokumentoinnin yksi tärkeimmistä (ellei tärkein) osista on valokuvien ja piirtäen tehtävä dokumentointi. Dokumentointi takaa (ainakin teoriassa) arkeologiselle tutkimukselle väylän palata takaisin kaivausten aikaan sekä kaivauksen eri kerroksiin. Paperille piirretty kaivauskartta pyrkii rekonstruoidaan suoritettua kaivauksen, tukena kaivausalueella otetut kuvat. Paperille piirtämisen ongelmallisuutta sekä subjektiivisuutta on kuitenkin kritisoitu viimeisten vuosien aikana ja se onkin kirvoittanut keskustelua, jossa on esitetty erilaisia näkökulmia tulevaisuuden dokumentoinnista.³ Teknologian ja laitteiden kehittyessä on mielestäni perusteltua pohtia niin ikään valokuvadokumentoinnin vähimmäisvaatimusten asettamisesta arkeologista kenttätöitä ajatellen.

Vaikka suoranaista ohjetta valokuvauksen vähimmäislaadusta tai tavasta tehdä ei suomalaisessa arkeologiassa vielä toistaiseksi ole, toimii tämänhetkisen suomalaisen arkeologian kaivausdokumentoinnin perustana Museoviraston julkaisema *Arkeologisten kenttätöiden laatuohje*.⁴ Ohje antaa arkeologille reunaehdot ja tavoitteet, joita noudattamalla kaivausten aikana tallennettu aineisto kootaan ja tallennetaan ja joita tutkijat voivat tulevaisuudessa arkistoista hyödyntää. Valokuvausdokumentointi on edelleen vuonna 2018 yleisin osa dokumentointia ja arkistoihin tallennettavaa visuaalista aineistoa.

Tämän takia uskon tutkimukseni vähimmäisvaatimuksesta ja sen mahdollisuuksista olevan tärkeä keskustelunaloitus yhteneväisen

³ ks. esim. Uotila 3/2017, Roiha, 2018:10-11, Remondino & Rizzi, 2010.

⁴ <https://www.museovirasto.fi/uploads/Meista/Julkaisut/laatuohje-2016.pdf>

kuvausdokumentoinnin aikaansaamiselle ja sitä kautta mahdollisen vähimmäisvaatimuksen löytämiselle.

Tämänhetkisen arkeologisen kaivauksen dokumentointiohjeistus pyrkii tietoisesti muuttamaan kolmiulotteiset kohteet kaksiulotteisiksi. Tätä kysymystä on viimevuosina pohdittu mm. Suomen arkeologisen seuran aikakauslehdessä Muinaistutkijassa.⁵ On esimerkiksi nostettu esiin kysymys siitä, voidaanko Museoviraston laatuohjeita pitää dokumentoinnin uusimpien ohjeiden käsikirjana.⁶ Keskustelu on herättänyt myös kysymyksen kaksiulotteisen dokumentoinnin tarpeellisuudesta, nopeudesta ja informaation verrannollisuudesta alati kehittyvässä tieteiden verkossa.⁷ Kun kolmiulotteinen ilmiö muutetaan tiedostaen piirretyksi tai kuvatuksi stereokuvaksi katoaa kolmiulotteinen syvyys jossa ilmiö esiintyy, ja tällöin voidaan kysyä katoaako myös osa ilmiötä. Suomen arkeologia ei tosin ole yksin tämän kysymyksen äärellä vaan voimme varovasti puhua jopa globaalista teknologian murroksesta arkeologian kentällä. Tässä murroksessa fotogrammetria, GIS, erilaiset LiDar- aineistot ja virtuaalitodellisuus tulevat vähitellen osaksi arkipäiväistä dokumentointia.

Tutkimus käynnistyi alkukeväästä 2018, jolloin ensimmäisiä kokeiluja hypoteesin muodostamiseksi kokeiltiin käytännössä. Kohteita kuvattiin keväästä aina syksyyn (2018) asti, mutta työn rajaamisen kannalta oli olennaista valita vain edustavimmat kohteet, eli tässä tapauksessa arkeologiset tai arkeologiaa sivuavat oikeat kaivaus- ja muinaismuistokohteet. Kuvia mallinnettiin tietokoneella 3DF Zephyrin avulla, jonka lisäksi tutkimusaineiston keräämisessä käytettiin mallien tarkastelu -ja muokkausohjelmia. Tähän työhön valikoitui helposti saatavilla olevat Microsoft 3D Builder -ohjelma ja Sketchfab, jotka olivat saatavilla niin ikään ilmaiseksi. Tutkimusaineisto on kerätty Suomen alueelta (poikkeuksena Karjalan kannas).

⁵ esim. Seitsonen 1/2018, Uotila 3/2017.

⁶ Uotila 2017:9.

⁷ esim. Haapakangas 2016, Roiha 2018.

1.1 TOOREETTINEN TAUSTA

Tämä tutkimus sijoittuu arkeologian sekä tietotekniikan piiriin. Käytettyjä metodeja sovelletaan niin arkeologisesta dokumentoinnista kuin laskennallisesta tieteestäkin, joita edustavat tässä tutkimuksessa digivalokuvien rakentuminen, kolmiulotteinen rekonstruointi ja arkeologinen kaivausdokumentointi sekä sen päämäärät.

Arkeologinen valokuvadokumentointi pyrkii saavuttamaan kahdenlaista dokumentaatiota: kuvia aineistona tutkimusta varten sekä kuvitus- että havainnekuvia artikkeleihin tai muihin julkaisuihin.⁸ Valokuvadokumentaatio on tärkeä osa kokonaisvaltaista arkeologista tutkimusta ja sen jälkitöitä. Valokuvat toimivat kaivausalueen sekä kaivauspäivien tapahtumien ”muistina” kirjallisen dokumentoinnin ohella.⁹ Valokuvauksella tehtävä dokumentointi tulisi olla jatkuvaa, jotta kuvien suhde toisiinsa ajassa ja paikassa olisi yhteneväinen muun aineiston kanssa. Teoriassa arkeologisen valokuvauksen tulisi kuvata kaivauskohdetta, kaivauksella vallitsevia olosuhteita ja yleisilmettä, henkilökuntaa ja heidän työtapojaan sekä kuvata itse kaivauksen etenemistä.¹⁰ Myös esinelöytöjen (aluekohtaiset, esim. miekat, ehjät astiat, korut tms.) kohdalla suositellaan kohdennettua kuvausta. Valokuvaamisella voidaan myös tarpeen vaatiessa osoittaa kohteella tapahtuneet muutokset (vandalismi, luonnolliset muutokset, aarteenetsintä, tms.) sinä aikana, kun kaivaukset eivät ole olleet käynnissä. Valokuvat tulisi dokumentoida sellaisella selvyydellä, että kuka tahansa ymmärtää niiden merkityksen.

Arkeologista dokumentointia on tehty erilaisin menetelmin eri aikoina, mutta tietyt ydinohjeet ovat pysyneet samankaltaisina.¹¹ Valokuvia otetaan yleiskuvina alueesta, kaivausalueista ennen ja jälkeen paalutuksen sekä turpeenpoiston, puhdistetuista tasoista ruuduittain, löydöistä kontekstissaan sekä kaivausalueesta kaivausten jälkeen.¹² Kaivausaluetta voidaan myös kastella maaston värieröjen selkeyttämiseksi. Kaivauskohde tyhjennetään kaikesta ylimääräisestä kuvauksen

⁸ Shafer, H. 2009: 159–160.

⁹ Shafer, H. 2009: 159.

¹⁰ Shafer, H. 2009: 159.

¹¹ vrt. Purhonen, P. 1973:103–104, Takala, H. 1998: 163–168 sekä Museovirasto 2016: 22–25.

¹² Purhonen, P. 1973: 103–104.

ajaksi (kaivaus- ja mittavälineet, henkilökunta, mahdollisuuksien mukaan myös puiden varjot jne.) ja kohde kuvataan viimeisteltynä. Pohjoisnuolien asettaminen kuviin on myös nähty tarpeelliseksi, jotta jatkotutkimuksissa kuvauskulmat voidaan yhdistää piirrettyihin karttoihin.¹³ Yleiskuvien ottamisessa voidaan käyttää hyväksi muun muassa erilaisia kuvaustorneja, tikkaita tai nykytekniikan mahdollistamia käsin ohjattavia lennokkeja, droneja. Valokuvat voivat olla 2010-luvun kaivauksilla jo värikuvia, mutta mustavalkokuvia otetaan edelleen vastaan. Museoviraston ohjeistuksen (2016) mukaan digivalokuvat ovat hyväksytyt kuvamuotoja, mutta kuvien pitkäaikaissäilytys ja jatkokäyttömahdollisuudet on varmistettava ennen talletusta.

Valokuvadokumentoinnin tarkoituksena on luoda aineistoja, joiden avulla kolmiulotteisia asioita voidaan havainnoida, sillä niiden kolmiulotteinen havainnointi ei ole mahdollista kaksiulotteisista kartoista.¹⁴ Valokuvien laadun tulee olla sellainen, että niistä voidaan erottaa ilmiöitä. Valokuvien avulla tutkijat voivat luoda, yhdessä muiden aineistojen sekä omien havaintojensa kautta, kokonaiskuvan alueesta ja sen ilmiöiden syistä. Kuvilla voidaan myös tallentaa maisemaa ja kokonaisuutta, jossa kohde on kaivauksien aikana sijainnut. Arkeologinen tutkimusdokumentointi on saanut karttapiirtämisen ja valokuvauksen rinnalle myös esimerkiksi takymetridokumentoinnin ja joillain kohteilla myös fotogrammetrian.¹⁵

1.2 TYÖN TAVOITTEET

Tutkimuksen tavoitteena on kartoittaa, voidaanko arkeologiselle valokuvadokumentoinnille asettaa vähimmäisvaatimusta määrällisesti. Tutkimuksessani perehdytään myös siihen, voidaanko näistä kuvista rekonstruoida kolmiulotteisia malleja ja millaisella tarkkuudella.

Tutkielma on metodipohjainen kokeilu, jolla pyritään vastaamaan seuraavin tutkimuskysymyksiin:

¹³ Takala, H. 1998: 164–165.

¹⁴ Shafer, H. 2009: 160.

¹⁵ Seitsonen, O. & Holappa, M. 2017: 38.

1. voidaanko arkeologiselle kenttävalokuvadokumentoinnille asettaa vähimmäisvaatimusta määrällisesti, jos voidaan, mikä kuvien vähimmäisluku olisi,
2. millaisin perustein tällainen vähimmäisvaatimus kuvadokumentoinnissa voidaan rajata,
3. voidaanko näistä kuvista rekonstruoida kaivausalue kolmiulotteisella mallintamisella sekä
4. miten mallit toimivat suhteessa muihin kenttädokumentoinnin menetelmiin, eli mitkä ovat mallien hyödyt tulevaisuuden arkeologisessa dokumentoinnissa.

Työssä tarkastelen kolmiulotteisen mallintamisen haasteita ja aikaa, jonka mallintaminen vie sekä lopullisen mallin soveltuvuutta arkeologian tutkimuksen tarpeisiin. Osana tätä tutkimus vertailee erilaisten kuvausvälineiden välisiä eroja ja pyrkii kartoittamaan muun muassa sitä, voidaanko älypuhelin kameroiden käytöstä dokumentoinnissa tehdä yksi kuvauksen muoto. Tarkastelen nykYTEKNIKAN mahdollistamia kuvausvälineitä ja niiden tuottamien kuvien laatua suhteessa järjestelmäkameroiden ja nykypäivänä käytettävien kameroiden kuvanlaatuun, rajaten sen järjestelmäkameroiden ja älypuhelimien kameroihin. Valokuvauslaitteiston mahdollinen laajentaminen toisi arkeologiselle vähimmäisvaatimukselle myös mahdollisuuden kuvata esimerkiksi inventoinneissa tai sattumalta löytyneistä kohteista kuvadokumentaatiota jatkokäyttöä varten. Älypuhelimien kameran laatu vastaa vuonna 2018 karkeasti arvioiden digikameroiden laatua¹⁶ ja on helposti mukana missä tahansa. Älypuhelimien mukana kantamista tukee esimerkiksi Tilastokeskuksen tutkimustulos siitä, että Suomessa vuonna 2017 alle 55-vuotiaista jopa 94 % omisti älypuhelimien.¹⁷

Henkilökohtainen tavoitteeni on kartoittaa työn aikana arkeologien, mutta myös muun ammattitaidon omaavien mielipiteitä ja havaintoja kolmiulotteisesta mallintamisesta ja sen mahdollisuuksista. Siksi työssäni on otettu myös huomioon

¹⁶ Digi Kuva- lehden vertailu 2018: <https://digi-kuva.fi/kamerat/kannykkakamerat/tassa-on-taman-hetken-paras-kannykkakamera>

¹⁷ Tilastokeskus, 2017: https://www.stat.fi/til/sutivi/2017/13/sutivi_2017_13_2017-11-22_kat_002_fi.html

muita toimijoita, muun muassa pienimuotoisten kyselyiden kautta mallien julkaisujen yhteydessä. Arkeologisen tieteellisen tutkimuksen- ja harrastuksen kautta muodostuva kulttuuriperintö on ennen kaikkea jokaisen oikeus ja sitä kautta koen myös populaarilla näkökulmalla olevan merkitystä tieteen kehittymiseen. Ideaalitulanteessa vähimmäismääräohjeistus kohteiden kuvaamisessa tavoittaisi myös historian harrastajat (esim. metallinetsijät) ja arkeologinen kohteiden hahmottaminen kokonaisuuksina laajenisi harrastajienkin ottamien kuvien ja tallentamisen kautta. Löytöjen kontekstin hahmottaminen vähimmäismääreen ja kolmiulotteisten mallien kautta voisi näin ollen niin ikään helpottua.

2. ARKEOLOGINEN DOKUMENTOINTI

Dokumentti voi olla asiakirja, julkaisu, todistus tms. paperille tai tietokoneelle tallennettu formaatti, joka sisältää jonkin tekemisen tallentamista kirjalliseen muotoon.²⁰ Dokumentin tarkoituksena on säilyttää tutkimuksen tieto, eli se prosessi joka tutkimuksessa on tehty. Näin dokumentti ohjaa, selittää ja mahdollisesti keskustelee tehdystä tutkimuksesta, sen luonteesta ja siitä mitä kyseisessä tapauksessa tehtiin. Se voi myös antaa varoittavia esimerkkejä tapahtumista, joita seuraavalla tutkimuskerralla ei toivota tapahtuvan. Dokumentin tulee olla läpinäkyvä, ristiriidaton, ymmärrettävä ja monitasoinen asiakirja, johon on liitettyä tarvittavat kaavat, kartat sekä mahdollisesti selittävät kuvat.²¹

Arkeologinen tutkimus on prosessi, joka muodostuu kokonaisuudeksi useamman eri vaiheen kautta. Laadukas ja mahdollisimman yksityiskohtainen dokumentointi on, kuten kaikessa tieteessä, tärkeä osa tutkimuksen toistettavuutta ja ymmärrettävyyttä. Löydetyn yhteys sen kontekstiin ja alueen kytkös ympäristöön ja maisemaan ovat asioita, jotka voidaan dokumentoida vain kaivaushetkellä,²³ mikä tekee dokumentoinnista painoarvoltaan suuren kohteista muodostuvaa kokonaiskuvaa ajatellen. Arkeologi nojaa tutkimuksessaan jo opittuun dokumentointiin, mutta se ei aina riitä. Kohteilla saatetaan törmätä sellaisiin olosuhteisiin, jotka väistämättä luovat tilaa uusille dokumentoinnin muodoille ja

²⁰ Salminen, A. 2000: 299–320.

²¹ Orilahti, E. 2010:7–9.

²³ Feder, 2008: 113-114.

tavoille.²⁴ Arkeologinen dokumentointi on myös subjektiivinen.²⁵ Arkeologisilla kaivauksilla tutkija sekä kaivaja valikoivat mitä kaivauspäiväkirjaan kirjataan, milloin ja missä yhteydessä kuvataan ja milloin otetaan näytteitä.

Suomessa arkeologisista tutkimuksista tallennettua aineistoa (valokuvat, piirustukset, raportit jne.) arkistoidaan Museoviraston hallinnoimaan arkistoon.²⁶ Tämän lisäksi yliopistoilla ja yksityisillä yrityksillä on velvollisuus säilyttää kirjoitettu ja dokumentoitu data. Tällä hetkellä Suomen alueen arkeologista tutkimusaineistoa voi saada tarkasteltavakseen fyysisesti anomusta vastaan Museoviraston arkistopalvelusta.²⁷ Kulttuuriympäristön palveluikkuna²⁸ sekä hakupalvelu Finna²⁹ tarjoavat sen sijaan digitoituja aineistoja ja ovat kaikkien käytettävissä. Aineistojen saatavuus ja luvanvaraisuus riippuu kuitenkin siitä, mihin ja millaiseen tarkoitukseen aineistoja tarvitaan. Museovirastolla ei tällä hetkellä (vuonna 2018) ole vielä sellaista alustaa, joka mahdollistaa kolmiulotteisten mallien tai niihin tarkoitettujen aineistojen lataamisen muita tutkijoita tai kiinnostuneita varten. Tutkimuksen aikana suomalaista kolmiulotteista tutkimusaineistoa oli todella hankala löytää, joka todennäköisesti johtuu juurikin sopivan tallennusalan puuttumisesta.

2.1 VALOKUVAUSDOKUMENTOINTI

Valokuvauksen alkuperäinen idea oli toimia peilikuvana todellisuudelle. Sen katsottiin heijastavan se, minkä ihminen näkee ja tarinoin kuvalle voitaisiin tuoda myös sen tunnelma.³⁰ Valokuvauksen haittapuolena on sen mahdollinen subjektiivisuus, eli se, kuinka paljon kuvaaja on muokannut kuvakulmia, valoja ja tapahtumia. Siksi tieteellisen kuva ”todellisuus” tulisi varmistaa yhteneväisillä säännöillä ja käytänteillä.³¹

²⁴ Purhonen, P. 1973: 103–104.

²⁵ Purhonen, P. 1973: 103–104.

²⁶ Museovirasto, 2018: <https://www.museovirasto.fi/fi/kokoelma-ja-tietopalvelut/arkisto/arkistoaineistot/arkeologian-aineistot>

²⁷ Museovirasto, 2018: <https://www.museovirasto.fi/fi/kokoelma-ja-tietopalvelut/arkisto/arkistoaineistot/arkeologian-aineistot>

²⁸ Museovirasto, 2018: <https://www.kyppi.fi/palveluikkuna/portti/read/asp/default.aspx>

²⁹ Finna, 2018: <https://www.finna.fi/Content/about>

³⁰ Mullen, 1998: vi–vii.

³¹ Mullen, 1998: vi–vii.

Arkeologiselle tieteelle on ominaista sen pyrkimys kuvailla konteksteja. Jo tieteenalan kehityksen alkuvaiheessa koettiin tärkeäksi kuvailla kohdetta suullisesti.³² Tämä tarvitsi rinnalleen myös muuta todistusaineistoa ja piirtämisestä kehittyi nopeasti dokumentoinnin tapa. Piirtämisen ja kaivaustarinoiden kirjoittamisen ohelle nousi 1800-luvulla valokuvaus.³³ Valokuvaus ei ollut tuohon aikaan täysin uusi keksintö, mutta se oli taloudellisesti haastavampi dokumentoinnin muoto sen suhteellisen kalliin tuotantotavan takia. Valokuvien laatu sekä ominaisuuksien monimuotoisuus (värierojen hahmottaminen, valkotasapaino jne.) kehittyi vasta 1900-luvulle tultaessa. Valokuvaus oli arvokas sekä laadultaan vaihteleva menetelmä pitkään, mikä vaikutti osaltaan valokuvaamisen hitaaseen yleistymiseen arkeologisessa dokumentoinnissa.³⁴

Valokuvauksen kehittyessä myös valokuvien ominaisuudet tarkentuivat (kohinan vähentyminen, värien monimuotoisuus jne.), mikä vakiinnutti valokuvauksen osaksi arkeologista kaivausdokumentointia. Valokuvausdokumentoinnin tarkoitus ja kuvien sisältö ovat kehittyneet viimeisen sadan vuoden aikana ja ne heijastavat kutakin aikakautta ja vallinnutta tutkimuksen teoriaa, mutta valokuvadokumentti on kautta tieteenalan historian pyrkinyt esittämään katsojalle kohdetta kuten tutkija sen on itse havainnoinut.³⁵

2.1.1 VALOKUVAUKSEN HISTORIA SUOMALAISESSA ARKEOLOGIASSA

Suomalaisessa arkeologiassa valokuvaus vakiintui osaksi dokumentointia 1800-luvun lopulla, jolloin myös valokuvauksen massatuotanto mahdollistui.³⁶ Antikvaaristen retkikuntien pyrkimykseen kuvata kohteita (lähinnä antikvariseen tutkimukseen) tutkimusmatkoillaan voidaan katsoa alkaneen 1860-luvulla.³⁷ Suomalaisen arkeologian valokuvauksen pioneeri Sakari Pälsi kuvasi matkoiltaan tutkimustarpeisiin erilaisia kuvia, joiden avulla hän pyrki selittämään muille näkemäänsä ja kokemaansa.³⁸ Pälsin vuonna 1930 julkaisema "*Käsivaraisen valokuvauksen opas*" opasti valokuvaajia oikean kuvakulman ja maiseman

³² Reilly 1990: 133.

³³ Dorrel 1989: 1-3.

³⁴ Reilly 1990: 133.

³⁵ Dorrel, 1989: 4-7.

³⁶ Valokuvataiteenmuseumo, 2017.

³⁷ Valokuvataiteenmuseumo, 2017.

³⁸ Seitsonen, 2017: 2-3.

valinnassa. Sakari Pälsi ei suoranaisesti julkaissut kirjaa arkeologiseen kenttätööhön, mutta hänen arkeologinen sekä kansatieteentutkimuksen tausta näkyy hänen kuvauskohteissaan. Pälsin kuvat ovat ensimmäisiä suoraan dokumentaatioon tarkoitettuja kuvia arkeologisilta kaivauksilta³⁹

Arkeologista valokuvausta on Pälsin jälkeen käsitelty monissa kaivausoppaissa ja teoksissa. Vuonna 1973 ilmestyneen ”*Arkeologin kenttätö*”⁴⁰ oppaassa ohjeistetaan kaivausten dokumentoijaa kuvauksen kohteiden valinnoissa. Selkeä halu yhtenäiseen dokumentointiin on siis jo näkyvissä viimeistään 1970-luvulla. Vuonna 1992 julkaistu ”*Arkeologin valokuvausopas*”⁴¹ keskittyy lähinnä oman aikansa kameroiden tekniikkaan ja valokuvien kehittämiseen (mitkä nekin ovat jo joiltain osin vanhentuneita), mutta ei ohjeista kuvien vähimmäislaatua tai määrää. Se käy kuitenkin läpi kuinka diakuvia voidaan tuottaa laadukkaasti ja miten värieroja voidaan kuvista havainnoida sen ajan valokuvatekniikalla. Vuonna 1998 julkaistu ”*Arkeologian maastotöiden perusteet*”⁴², joka on viimeisin maastotöiden ohjeistukseen keskittynyt teos ennen Museoviraston 2016 julkaisemaa ohjeistusta, syventyy kuvien laatuun ja siihen, millaisia kuvia kaivauksilta tulisi kuvata. Näitä ovat mm. yleiskuvat, yksityiskohtaiset kuvat (kuopat, löydöt jne.), työstä otetut kuvat sekä henkilökunnasta otetut kuvat⁴³.

Vuonna 2007 ilmestynyt arkeologian kokoomateos ”*Johdatus arkeologiaan*” käy läpi arkeologian alaa kokonaisuutena, sivuten myös arkeologista dokumentointia. Valokuvauksen rooli ymmärretään osaksi muinaisjäännöksen tulevaisuuden lähdeaineistoa. Painotuksena kuitenkin dokumentoinnissa nähdään ennen kaikkea puhtaaksi piirretty alueen kartta, joka itsessään pitää sisällään kaivausalueen tiedon, ja kuvat ovat ikään kuin lisätukena tutkijan tekemälle havainnolle.⁴⁴ Museoviraston ohjekirja ”*Suomen arkeologisten kenttätöiden laatuohjeet*” vuodelta 2016 kokoaa laaja-alaisesti kaikki kenttätöiden vaatimukset yksiin kansiin. Laatuohje suosittelee kaivauksen suorittajaa kuvaamaan kaivauksia riittävällä tarkkuudella. Lisäksi ohje kehottaa kaivausten vaiheiden ja itse työn

³⁹ ks. esim. Museoviraston kuva-arkistot ”Sakari Pälsi”.

⁴⁰ Purhonen, 1973.

⁴¹ Nykänen et al., 1992.

⁴² Takala, H. 1998.

⁴³ Takala, H. 1998:164–165.

⁴⁴ Suhonen, 2007: 122–123.

kuvaamiseen.⁴⁵ Kaivauksilla otetuista kuvista Museoviraston ohjeistus kehottaa säilömään vain tärkeimmiksi oletetut ja parhaiten onnistuneet kuvat sekä aluetta hyvin kuvaavat kuvat, jotka tulisi lopuksi liittää myös valmiiseen kaivausraporttiin. Tämä ohjeistus käy edelleen melko yksiin ”*Arkeologian maastotöiden perusteet*”⁴⁶ teoksen kanssa, tuoden käytännössä vain nykytekniikan mahdollistamat digikuvat valokuvauksella tehtävän dokumnetoinnin piiriin. Teos kuitenkin jättää edelleen valokuvausdokumentoinnin kuvien alimman vaaditun määrän ja laadun määrittelemättä.

Arkeologisesta valokuvausdokumentaatiosta ei ole vielä toistaiseksi julkaistu sellaista teosta, jossa valokuvaamisen vähimmäismäärä suhteessa kohteeseen olisi määriteltä ja valokuvista tehtyjen kolmiulotteisten mallien käyttöä käsitelty.

2.2 KOLMIULOTTEINEN MALLINTAMINEN

Valokuvaten ja piirtäen on pyritty luomaan tiettyyn mittakaavaan pienennetty versio todellisuudesta, jonka tutkija on paikalla nähnyt. Tasokartat ja pienoismallit ovat olleet aikansa ensimmäisiä kokeita siitä tallennusmetodista, jota nykypäivänä kutsutaan fotogrammetriaksi ja kolmiulotteiseksi mallintamiseksi.⁴⁷ Kolmiulotteinen malli rakentuu korkeudesta, pituudesta sekä syvyydestä. Kolmiulotteinen mallinnus perustuu tietokonepohjaiseen laskentaan eri visuaalisista lähteistä, tässä tapauksessa valokuvien eri avainpisteistä.⁴⁸ Mallinnusohjelmat laskevat annetusta aineistosta erilaisia avainpisteitä ja muodostavat avainpisteistä rakentuvien polygonien avulla rekonstruktion kuvatusta alueesta. Mallin yksityiskohtaisuus ja tarkkuus ovat suoraan verrannollisia annettuun aineistoon ja sen monimuotoisuuteen.⁴⁹

Kolmiulotteisen mallintamisen historia ulottuu sekin jo kolmenkymmen vuoden taakse, 1980-luvulle, jolloin se ensimmäisen kerran otettiin hyötykäyttöön arkeologisen havainnoinnin ja dokumentoinnin saralla. Mallin loi arkeologi Robert Vergnienx, joka työskenteli tuolloin Karnakin temppelissä Egyptissä. Luotu malli ei vielä tuolloin perustunut fotorealistiseen kuvaukseen ja siitä tehtävään

⁴⁵ Museovirasto, 2016:37.

⁴⁶ Takala, H. 1998.

⁴⁷ Kontturi, H. 2016: 13–14.

⁴⁸ Pletinckx, 2017: <https://enameabbey.wordpress.com/2014/06/09/virtual-reconstruction/>

⁴⁹ Luhmann, 2013: 3–5.

mallinnukseen, vaan oli ääriviivoin toteutettu kokonaiskuva kolmiulotteisessa maailmassa.⁵⁰ Mallin mittasuhteet perustuivat mittauksiin ja ennallistuksiin, jotka luotiin ennen tietojen syöttämistä ohjelmaan.

Kolmiulotteinen mallintaminen jatkoi kehityskulkuaan arkeologisessa käytössä ja jo 1990-luvulla tietokoneella ohjelmoituja malleja siirrettiin esimerkiksi kaksiulotteisiin kuviin ikään kuin realistisina objekteina.⁵¹ 1990-luvun lopulla luotiin jo tietokonepohjaisia virtuaalitodellisuuksia, jotka pyrkivät imitoimaan mahdollisimman realistisesti sitä maisemaa, millaiseksi tutkijat sen kuvittelivat. Tietokoneohjelmien kehittyessä edelleen ja fotogrammetrian yhdistämisen myötä myös valokuvauksesta ja laserkeilauksen tuottamasta aineistosta voitiin luoda realistisempia malleja.

Nyt 2010-luvulla fotorealistinen mallintaminen on mahdollista monilla erilaisilla tekniikoilla sekä ohjelmilla. Jo pelkästään erilaisten tietokoneohjelmien saatavuus ja kustannusten laskeminen ovat mahdollistaneet valokuvien perusteella tehtävän mallinnuksen periaatteessa jokaiselle ihmiselle. Ohjelmat ovat usein automatisoituja, mikä helpottaa niiden käytön oppimista ja tekee niistä kaikille sopivia. Kolmiulotteinen maailma on myös luonut tien virtuaaliseen todellisuuteen, jossa VR-laseilla voidaan tarkastella kolmiulotteista kuvaa. Viimeisimpänä teknologian mahdollistamana keinona on tehdä videoaineistoa kolmiulotteisesta dokumentaatiosta, mikä luo jälleen uusia mahdollisuuksia kolmiulotteisen kulttuuriperinnön kentälle.

2.1.2 KOLMIULOTTEISEN MALLINTAMISEN HISTORIA SUOMALAISESSA ARKEOLOGIASSA

Fotogrammetrian käyttö havaittiin dokumentoinnin mahdollisuudeksi varsin aikaisin. Knapas käsittelee fotogrammetrian sekä stereokuvauksen mahdollisuuksia vuonna 1973 ilmestyneessä ”*Arkeologin kenttätöitä*” teoksessa. Hän kuvailee kolmiulotteisen kuvauksen mahdollistavan myös syvyysmittojen tekemistä, mikäli alueelta valitaan erilaisia pisteitä kuvauksen yhteydessä. Knapas huomioi myös, että kuvista voidaan jälkikäteen tehdä mittauksia, mikä voisi

⁵⁰ Pletinckx, 2017: <https://enameabbey.wordpress.com/2014/06/09/virtual-reconstruction/>

⁵¹ ks. esim. Bill Risemanin tekemä malli Gebel Barkalista: <https://enameabbey.wordpress.com/2014/06/09/virtual-reconstruction/>

syrräyttää käsin piirrettävät yleiskartat.⁵² Ongelmana nähtiin vain mustavalkokuvien värieröjen hahmottamisen ongelmat, ei niinkään karttojen poistuminen. Knapas nostaa esiin myös fotogrammetrisen rakenteiden sekä irtoesineiden mallintamisen arkeologisessa kontekstissa.

Arkeologian dokumentoinnin kohdalla kolmiulotteinen mallintaminen ei suoranaisesti kokenut nousukauttansa Knapaksen huomion jälkeen, vaikkakin fotogrammetrian hyötyjä on aika-ajoin arkeologiassa hyödynnetty. Kolmiulotteinen mallintaminen jäi suomalaisessa arkeologiassa kokeilun tasolle, kunnes 2010–luvulla mallintamisen mahdollisuuksiin herättiin uudelleen. Tämä näkyy esimerkiksi yliopistojen projekteissa⁵³ sekä erilaisten opinnäytteiden teemoissa.⁵⁴ Tietokoneohjelmien mittatarkkoja kuvia ja mahdollisuuksia tulevaisuuden dokumentoinnissa on pohdittu viimeisinä vuosina paljon.⁵⁵

Suomessa valokuvista tai laserkeilauksesta tehtyä kolmiulotteista mallinnusta on kokeiltu ja käytetty jo joitakin vuosia. Esimerkiksi Aboa Vetus & Ars Novan tekemä mallinnusprojekti (2016) Konsulinnasta⁵⁶ ja Museoviraston Arkeologisten kenttäpalveluiden julkaisema malli (2015) Jussarön laivan hylystä⁵⁷ ovat edelleen katseltavissa heidän julkaisemilla alustoillaan videomuodossa. Vaikeammin tavoitettavia malleja ovat esimerkiksi Helsingin yliopiston arkeologian lehtorin Antti Lahelman tekemä mallinnus Vironlahden röykkiöstä sekä Huhtiniemen kaivausten mallit, joista tosin kaksiulotteisia mallinnuskuvia on julkaistu esimerkiksi vuonna 2018.⁵⁸ Kolmiulotteista mallinnusta tarjoavat sen sijaan jo useammat arkeologiset palvelut kuten Muuritutkimus, Mikroliitti sekä Museoviraston Arkeologiset kenttäpalvelut.⁵⁹ Arkeologisilta kohteilta tuotettuja kolmiulotteisia malleja ei ole vielä (2018) suoraan ladattavissa tai tarkasteltavissa nykyisillä arkeologisten aineistojen latauspalvelimilla.⁶⁰

⁵² Knapas, R. 1973: 89–94.

⁵³ mm. HY:n järjestämät kolmiulotteisen dokumentoinnin kurssiprojektit, vuonna 2018 järjestettiin Kreikassa.

⁵⁴ ks. esim. Debenjak, 2015, Järveläinen, 2016, Roiha, 2018.

⁵⁵ ks. esim. Seitsonen 2018:59–60, Haapakangas 2017:49.

⁵⁶ Aboa Vetus & Ars Nova, 2016: <https://www.aboavetusarsnova.fi/fi/uutiset/seitsemän-aikakerrosta-turun-historiaa-konsulinnan-alta>

⁵⁷ Hylky: <https://www.facebook.com/arkeologisetkenttapalvelut/videos/1122793821082869>

⁵⁸ Seitsonen, 1/2018.

⁵⁹ Museovirasto, 2018: <https://www.museovirasto.fi/fi/kulttuuriymparisto/arkeologinen-kulttuuriperinto/arkeologisen-kulttuuriperinnon-tutkimus/arkeologisten-kenttatoiden-tilaaminen>

⁶⁰ Kulttuuriympäristön palveluikkuna ja Finna.

2.3 ETIIKKA

Arkeologinen kaivausdokumentointi ei ole tietojen suoraa kopiointia vaan siihen liittyy havainnot sekä henkilökohtainen näkemys ja kokemus.⁶¹ Tutkimuksessa tulee punnita tutkimusmetodien käytön laatu suhteessa aikaan ja tulokseen, sillä kaivausdokumentoinnin tulisi kaiken muun kerätyn aineiston tavoin säilyä tulevaisuuden tutkimusta varten. Tulevaisuuden tutkijalla tulisi olla samat oikeudet tutkimuskohteeseen kuin kaivajalla ja kaivauksen toteuttajalla silloin kun kaivaus fyysisesti toteutetaan. Dokumentoinnin tulisi siis luoda tulevaisuuden tutkijalle työpöydälle se fyysinen alue uudelleen, jolla kaivajat kävivät mahdollisesti jopa sata vuotta sitten. Toki on hyväksyttävä se, että tutkimuksen metodit muuttuvat ja tieto sekä tekniikka kehittyvät.

Arkeologisessa tutkimuksessa ja tutkimuksen organisoimisessa voidaan kohdata myös sellaisia kohteita, jotka eivät ole täysin tunnevapaita tutkimuskohteina.⁶² Dokumentoinnin haasteena onkin rajata se, millaisten kuvien ja mallien julkaisu on lopulta hyväksyttävää ja kuka sen hyväksyy. Voimmeko esimerkiksi julkaista esihistoriallisen joukkohaudan kuvat vapaina niin, että kuka tahansa voi luoda haudan mallin halutessaan omalle päätteelleen? Entä miten suhtaudumme esimerkiksi toisen maailmansodan aikaisiin joukkohautoihin ja niiden kuvien vapaaseen jakamiseen? Voimmeko lähteä oletuksesta, että jokainen hauta on tutkimuskohde jo itsessään ja näin ollen kuuluu kaikille tutkijoille. Tuleeko tiedeyhteisön pohtia niin ikään sitä, mikä on sellaista tutkimusainestoa, jonka julkaisu kuuluu vain tutkimusmateriaaliksi eikä mallina itsenään vapaaseen jakoon käytettäväksi. Voidaan siis vain keskustella sellaisista periaatteista ja arvoista, joita tämän päivän tutkijan tulisi pohtia tutkimusta tallentaessaan. Teknologian jatkuva kehitys tulisi näkyä näin myös arkeologisessa dokumentoinnin kehityksessä, sen ei pitäisi pysähtyä ”hyväksi todettuun” tai ”turvalliseen” vaihtoehtoon vaan lisätä uusia dokumentoinnin muotoja lisäksi jo olemassa olevaan.⁶³

⁶¹ Oikarinen, 2015:88.

⁶² ks. esim. Paakkanen, 2018 sekä Koskela, 2018.

⁶³ Kjellman, 2012:4–5.

3.METODIT JA LAITTEISTOT

3.1 VALOKUVAUSHYPOTEESI

Lähtökohtana hypoteesin rakentumiselle toimi tämän hetken arkeologisten kenttätöiden raportointiohjeistus.⁶⁴ Ohjeistuksessa on listattuna asioita, jotka tulisivat sisältyä valmiiseen kaivausraporttiin. Raportointiin kuuluu kuvien osalta kaivausraportin tukena olevat kuvituskuvat, alueelta otetut kuvat (tasot, profiilit, työnvaiheet) ja taso- ja profiilikartat.⁶⁵ Kuvien laadun tulisi ohjeen mukaan olla hyvä, mutta vähimmäismäärää eikä kuvakulmia ole määritetty tarkemmin. Kamerankäytöstä ohjeistuksessa ei sanota tarkempia ohjeita.

Aineistoja tarkastellessani törmäsin ensimmäisenä kysymykseen siitä, mikä on todellinen kuvien tarve silloin, kun arkeologisesta kohteesta pyritään luomaan kolmiulotteinen tarkasteltava malli.⁶⁶ Oppimanani ohjeistuksena kuvien määrälle kaivauksilla on, että kuvia tulee olla vain riittävästi. Riittävä ei ole kuitenkaan yksiselitteinen lukumäärän yksikkö, eikä se pysty takaamaan tutkimuksen tarvitsemaa toistettavuutta tai läpinäkyvyyttä. Kaikille malleille on olemassa jokin matemaattinen arvo, jonka kautta voidaan taata mallien onnistuminen ja vertailtavuus. Lähtöasetelmana olivat siis kaivausalueen ilmiöt kolmiulotteisessa muodossa, jotka sitten muutettiin kentällä kaksiulotteisempaan muotoon. Tällaisesta esimerkkinä sotavainajan nostamisessa⁶⁸ talletetut raportointikuva (Kuva 1) sekä kartta (Kartta 1). Näiden ilmiöiden uudelleen rekonstruoituminen tulisi siis tapahtua valokuvista itsestään olevista asioista (esim. hautakuoppa), ne tulisi näkyä kuvassa selkeästi.

⁶⁴ Museovirasto, 2016: <https://www.museovirasto.fi/uploads/Meista/Julkaisut/laatuohje-2016.pdf>

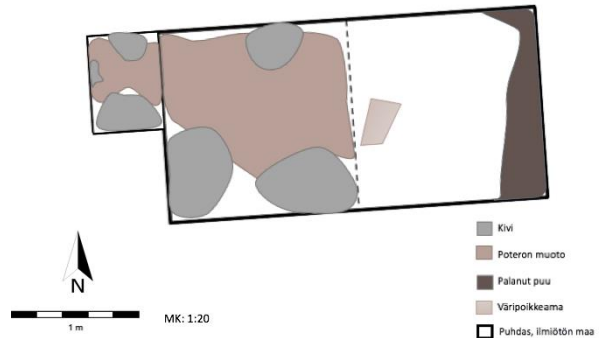
⁶⁵ Museovirasto, 2016: 23-25.

⁶⁶ ks. esim. Haapakangas 2017, Seitsonen 1/2018.

⁶⁸ Savolainen, 2017:24-25.

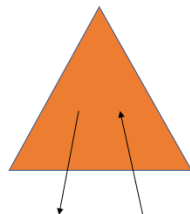


Kuva 1. Kaivausalue, jossa ensimmäinen havainto vainajasta.

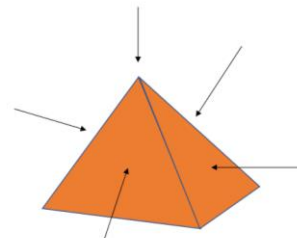


Kartta 1. Hattuvaaran kaivauksen ilmiöt.

Valokuva sisältää stereokuvana kolmiulotteisen maailman kaksiulotteisessa tilassa, eli kahden vektorin (x- ja y) tilassa. Näin kolmiulotteinen muuttuu stereokuvaksi eli kaksiulotteiseksi dokumentoinniksi⁶⁹ (Kuva 2). Kuvasta voidaan kuitenkin hahmottaa kolmiulotteisuutta (esimerkiksi tölkin pyöreys, talon suhde ympäristöön jne.). Kolmiulotteisuus tulisi pyrkiä säilyttämään myös kuvissa (Kuva 3)



Kuva 2. Stereokuva, jossa kohde kuvataan vain yhdestä suunnasta.

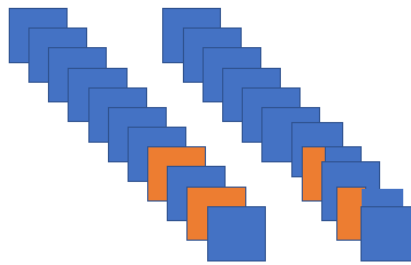


Kuva 3. Stereokuva, jossa kohde kuvataan monesta suunnasta ”kolmiulotteisesti”.

Jotta kaivauskohde voitaisiin muuttaa esimerkiksi jälkitöissä uudelleen kolmiulotteiseen muotoon, tarvittaisiin kuvia enemmän kuin yksi tai kaksi yleiskuvaa. On huomioitava, ettei pelkkä lähikuvakaan pysty tuottamaan kolmiulotteista mallia, sillä polygonien muodostaminen tarvitsee useampia avainpisteitä, eli useamman kuvan. Kuvan rakentumisen kannalta on tärkeää, että yhdistettävissä kuvissa on olemassa päällekkäisyyksiä.

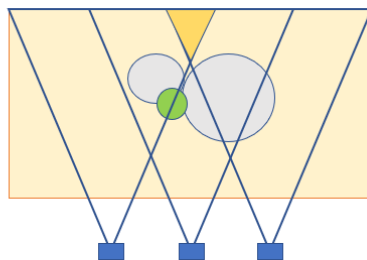
⁶⁹ Luhman et al. 2013: 2-4.

Kuvissa esiintyvät pikselit (Kuva 4) tarvitsevat näin tietynlaiset avainpisteet, jolloin ohjelmisto ymmärtää kuvien kuuluvan yhteen.⁷⁰ Kuvien tulee olla yhteydessä toisiinsa niin, että ne voidaan digitaalisesti mallinnusohjelman avulla yhdistää uudelleen.



Kuva 4. yksinkertaistus pikselien yhteensovittamisesta.

Vähimmäismäärän kartoittamisen kannalta on tärkeää löytää yksinkertainen malli, jonka avulla määre voidaan perustella. Dokumentointiin tarvitaan näin ollen kaava, jonka avulla päällekkäisyys voidaan saavuttaa. 3DF Zephyr opastaa laadukkaan mallin rekonstruointiin ”kolmen pisteen tekniikkaa”.⁷¹ Tällaista mallia käytettäessä mallin onnistumisprosentti kasvaa. Kolmen pisteen tekniikalla ohjelma löytää jokaisesta kuvasta kolme avainpistettä ja näiden avainpisteiden⁷² avulla ohjelma laskelmoi kuvien suhteen toisiinsa sekä suhteessa mallinnettavaan ulottuvuuteen (Kuva 5).⁷³



Kuva 5. kolmen pisteen tekniikka.

⁷⁰ Luhman et al. 2013: 392-394.

⁷¹ 3DF Zephyr, 2017: https://www.youtube.com/watch?v=E06kgYBftak&list=PLozpbgzA_IJ23FOG1L3yHQINeqmEe0-wC&index=2

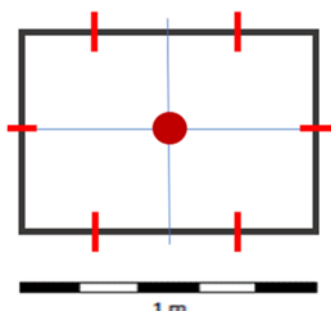
⁷² 3DF Zephyr, 2017: https://www.youtube.com/watch?v=E06kgYBftak&list=PLozpbgzA_IJ23FOG1L3yHQINeqmEe0-wC&index=2

⁷³ 3DF Zephyr, 2017: https://www.youtube.com/watch?v=E06kgYBftak&list=PLozpbgzA_IJ23FOG1L3yHQINeqmEe0-wC&index=2

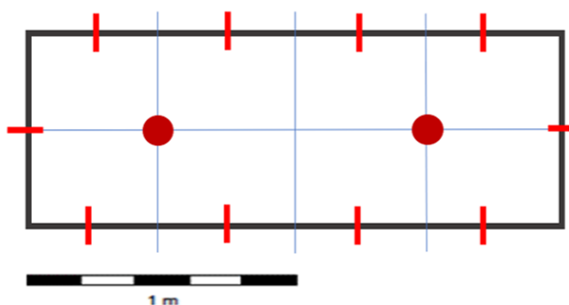
Näin ollen, karkeasti laskemalla (ohjeiden mukaisesti) tulee vähimmäispäällekkäisyyden olla vähintään noin 50 % suhteessa vierestä otettuun kuvaan, sillä mitä suurempi päällekkäisyys, sen suurempi tarkkuus kuvasta luodulla mallilla on.⁷⁴ Mallinnusohjelma 3DF Zephyrin ohjeeseen perustuen rakensin tutkimushypoteesin seuraavasti:

”Alue, jota mallinnetaan, olisi sellainen hauta-alue, jonka kaivausalue olisi 100 cm pitkä ja 50 cm leveä”.

Tämän kokoinen kaivausalue voidaan jakaa neljään osaan, rastereiksi, laskennan helpottamiseksi. Jotta 51% päällekkäisyys saavutettaisiin, olisi kuvauspaikan oltava rasterin keskellä (punainen viiva, Kuva 6) kaivausalueen reunalla. Rasterointi auttaa dokumentoijaa tekemään nopean mittauksen kyseisen rasterin puolestavälistä. Tämän kyseisen mallin kohdalla kuvaajan tulisi ottaa kuva ensin noin 25 cm kohdalta ja seuraava kuva 75 cm kohdalta. Lyhyemmällä, tässä tapauksessa 50 cm pituisella reunalla kuva tulisi ottaa noin puolivälistä. Näin 25 cm / rasteri toteuttaisi kuvien vähimmäismäärän lisäksi myös sellaisen päällekkäisyyden, että tietokoneohjelma pystyy tunnistamaan kuvissa esiintyvät samankaltaiset pikselit, eli kuvan numeeriset arvot (ks. Kuva 4). Jotta alueesta saadaan mahdollisimman kattava kuvaus, olisi kaivausalueen ”rastereiden” keskikohta otollinen kuvaamisen kiintopiste ortokuvaa varten.



Kuva 6. Kuvauskohtien asettuminen kaivausalueelle.

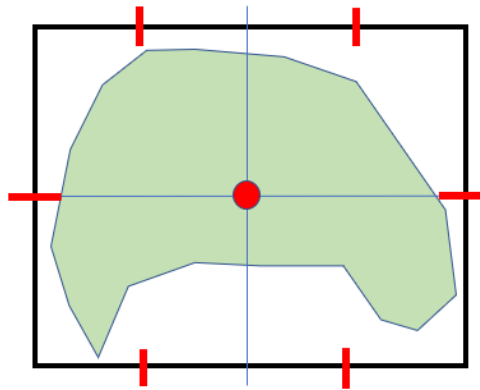


Kuva 7. Kuvauskohtien asettuminen edellistä kaksi kertaa suuremmalle kaivausalueelle.

⁷⁴ 3DF Zephyr, 2017: https://www.youtube.com/watch?v=E06kgYBftak&list=PLozpbgzA_IJ23FOG1L3yHQNeqmEe0-wC&index=2

Samaa laskukaavaa käyttäen voidaan määritellä kuvaamiselle sopivat kohdat myös isommilta alueilta (Kuva 7). Ortokuvien sopiva kuvausetäisyys voitaisiin laskea kehikon luomasta sisällöstä, eli alueesta joka ruudun sisään jäisi. Tämän saman ilmiön tulisi siis ideaalitilanteessa näkyä myös kameran ruudulta.

Kaikki kohteet eivät kuitenkaan asetu geometrisesti otolliseen asetelmaan, esimerkiksi yllä esiteltuihin suorakulmaisiin kaivausalueisiin. Tätä varten loin myös mallin muodoltaan epämääräisestä kaivausalueesta, jonka kaikki kulmat ovat hiukan erilaiset. Koska kaivausalueen rajat eivät itsessään tällöin muodosta suorakulmaista tai neliön muotoista reunaa, voidaan valokuvaamista varten rakentaa keinotekoinen kehikko kaivausalueen ympärille (Kuva 8).



Kuva 8. Kuvauskohtien asettuminen kaivausalueelle, kun alue ei ole symmetrinen.

Tällainen tilanne voisi syntyä esimerkiksi sotavainajan hautauksen tai hautautuman tuloksena, mikäli kaivettava kohde olisi esimerkiksi kivien väliin poteroon hautautunut henkilö.⁷⁵

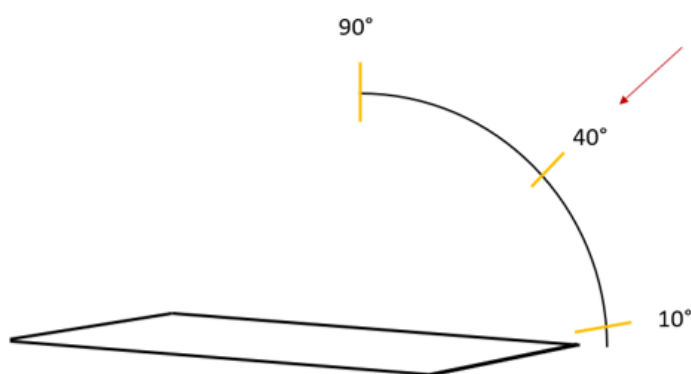
Viimeisenä hypoteesin rakentumisen kannalta olennaista on se, mistä kuvakulmasta kyseiset kuvat otetaan ja miltä korkeudelta. Rekonstruoinnissa tulisi pyrkiä kuvaamaan saman kerroksen kuvat samalla kuvauskerralla, jotta tausta, valonlähde sekä järjestys pysyisi samanlaisena ja sujuvana. Epäjärjestyksessä otetut kuvat saattavat vaikuttaa kuvan muodostumiseen tai kuvien hylkäämiseen ohjelmassa (Kuva 9).

⁷⁵ Savolainen 2017: 24-25.



Kuva 9. Havainnekuva, epäonnistunut niskarikama. Ohjelma ei tunnistanut objektia taustasta, syynä epäjärjestelmälliset kuvat ja epätasainen valotus.

Kuvaamisessa tulisi ottaa huomioon kuvien jatkokäyttömahdollisuudet, esimerkiksi geoinformatiikkaa tai fotogrammetriaa varten. Näin ollen kuvakulmien tulisi olla sellaisia, että kaivausalueen yksityiskohtia näkyisi mahdollisimman paljon.⁷⁶ Ehdotetut kuvakulmat ovat tämän perusteella 90°, 40° ja noin 10° (Kuva 10). Kuvakulmat perustuvat kuvauksessa yleisimmin käytettäviin asentoihin, eli sellaisiin luonnollisiin asentoihin, joita olen kaivausdokumentoitijien havainnut käyttäneen vuosien 2015–2018 aikana (jolloin itse olen ollut kaivauksilla mukana tai toteuttamassa niitä) sekä Helsingin yliopiston arkeologian oppiaineen opetuskaivauksilla harjoiteltuihin kuvakulmiin. Kuvakulmat vaihtelevat ihmisen pituuden sekä kohteen maaston takia ja ovat näin vain suuntaa antava ehdotelmia.



Kuva 10. Kaivauksilla tehtyjen havaintojen perusteella ehdotetut kuvauskulmat.

⁷⁶ Luhman et al. 2013: 30-34.

10° kuvakulma olisi läheltä maanpintaa (20–30 cm) niin, että kuvat sisältäisivät mahdollisimman paljon lähietäisyydeltä otettua kuvaa.

40° kulma on tavallisin kuvauksessa käytetty kulma, eli kuvaajan silmien korkeudelta hiukan viistosti alaspäin otettu kuva. Tällainen kuvaus voidaan toteuttaa myös korokkeelta, mikäli kohde on suuri.

90° kulma eli ortokuva, jossa kuvauskohde kuvataan mahdollisimman kohtisuoraan alaspäin. Tällaisessa voidaan käyttää myös apuvälineitä, kuten droneja, korokkeita tai kuvauskeppejä.

40° ja 90° kuvakulmissa kuvausetäisyys olisi hyvä olla noin 1 m tai 1.5 m, kuvaajan pituuden mukaan. Ortokuvauksessa laajojen alueiden kuvaus tulisi pitää myös mahdollisimman lähellä (1–2 m, tarkkuusasetuksien sekä näkyvyyden mukaan), jotta alueen muodot ja yksityiskohdat tulisivat esiin. Koko kaivausalueen ei ole tarkoitus näkyä jokaisella kuvalla.

3.2 LAITTEISTO

Tutkimusaineisto kerättiin erilaisia valokuvauslaitteita käyttäen. Aineiston keräämisessä käytettiin eri kameroilla otettuja kuvia ja niistä tehtyjä malleja. Tämän avulla pyrittiin tarkastelemaan hypoteesin mahdollista laitekohtaisuutta.

Välineistönä tutkimuksessa käytettiin iPhone 6s- mallin 8 megapikselin iSight-kameraa,⁷⁷ Nikonin, Nikonin D3005-järjestelmäkameraa (12,3 megapikselin kennolla)⁷⁸ sekä Canonin EOS 2000D-järjestelmäkameraa (24,1 megapikselin kennolla).⁷⁹ Kameroiden lisäksi tutkimusaineiston keräämisessä hyödynnettiin keinotekoista valoa sekä manipuloitua luonnonvaloa⁸⁰ riippuen kohteesta ja sen koosta. Kohteiden pituuden ja syvyyden mittaukset suoritettiin normaalisti metrimittaa hyödyntäen ja tasokartat piirrettiin A4 / 20 millimetripaperille.

Tietokoneina 3DZephyr ohjelmistolle toimivat: Intel® Core™ i3 -prosessorilla (7130U) ja 64 -bittisellä käyttöjärjestelmällä sekä Nvidia GeForcen MX 150 -

⁷⁷ iPhone 6 tekniset tiedot, Apple: https://support.apple.com/kb/SP705?locale=fi_FI&viewlocale=fi_FI

⁷⁸ Nikon D810 tekniset tiedot, Nikon Suomi: https://www.nikon.fi/fi_FI/product/discontinued/digital-cameras/2016/d300s

⁷⁹ Canon EOS 2000D tekniset tiedot, Canon Suomi: <https://www.canon.fi/cameras/eos-2000d/specifications/>

⁸⁰ Salamavalon käyttö, kuvattavan kohteen valkotasapainon säätäminen sekä alueiden varjojen poistaminen erilaisilla esteillä.

näytönohjaimella varustettu Acerin kannettava tietokone. Toisena tietokoneena mallinnukseen käytettiin AMD Ryzen 5 1500X -prosessorilla sekä Nvidia GeForce GTX 1060 -näytönohjaimella varustettua, itse rakennettua tietokonetta. Tietokoneen ominaisuuksiin kuului myös 16 GB:n verran RAM-järjestelmämuistia.

3.3 OHJELMAT

Mallinnusohjelman lisäksi tutkimusaineiston keräämisessä käytettiin mallien tarkastelu- ja muokkausohjelmia. Tähän työhön valikoitui helposti saatavilla olevat Microsoft 3D Builder- ohjelma ja Sketchfab, jotka olivat saatavilla myös ilmaiseksi.

3DF ZEPHYR

Tutkimusaineiston tuottamisessa käytettiin 3DF Zephyr-ohjelmistoa. Kyseisen ohjelmiston käytöstä arkeologisessa kontekstissa ei tällä hetkellä ole laajalti julkaisuja, mutta sen mahdollisuus arkeologisessa käytössä on kuitenkin jo huomioitu.⁸¹ 3DF Zephyr on italialaisvalmisteinen, yksityisellä sektorilla toimivan 3DFlow yrityksen valmistama tietokonetekniikkaan ja kuvaprosessointiin keskittynyt ohjelma. 3DF Zephyr – ohjelma julkaistiin vuonna 2016.

3DF Zephyr on täysin automatisoitu ohjelma, jolla voidaan luoda kolmiulotteista kuvaa ilman koodattuja esitietoja ja manuaalista muokkaamista.⁸² Ohjelmalla voidaan luoda kolmiulotteisia malleja digitoiduista kuvista aina videokuvaan asti, joka helpottaa käyttäjää tuottamaan kolmiulotteisia malleja varsin tehokkaasti. Ohjelma ei aseta otetuille kuville resoluutiovaatimuksia eikä kameravaatimuksia mallien tekoa varten.

3DF Zephyrillä voidaan myös luoda ortokuvia, geoinformatiikka ja korkeusmalleja lennokeilla otetusta kuvamateriaalista sekä laskea alueiden korkeuksia ja pituuksia.⁸³ Arkeologisessa mielessä 3DF Zephyr pystyy siis luomaan samanlaista aineistoa, kuin esimerkiksi Helsingin yliopiston arkeologian oppiaineen käyttämä Agisoft Photoscan -ohjelmistokin. Ohjelmiston tarjoajan kotisivuilta voi löytää

⁸¹ Siart, 2018.

⁸² 3DF Zephyr 2018: 3.

⁸³ 3DF Zephyr 2018: 3.

omalle työnsä sopivan paketin ja se tarjoaa myös ilmaisen kuvienmuokkausohjelman jatkuvalla käyttömahdollisuudella. Tutkimuksessani olenkin päättänyt käyttämään tarjottua 3DF Zephyr free -ohjelmaa, jonka kuvarajoitus (50 kuvaa per malli) sopi erinomaisesti vähimmäisvaatimuksen tutkimiseen. Ilmaisversion kohdalta tulee kuitenkin maininta, ettei ohjelma ole käyttömahdollisuuksiltaan yhtä monipuolinen, ja esimerkiksi mittauksien tekeminen ilmaisohjelmalla ei ole mahdollista. Tutkimuskysymyksen luonteen vuoksi mittauksia tai koordinaatteja ei tarvittu ja näin ilmaisohjelman käyttö oli mahdollista.

MUUT TUKIOHJELMAT

Aineiston keräämisessä ja rakentamisessa käytettiin myös muita mainittavia ohjelmia, joiden avulla malleja on paranneltiin, muokattiin ja/tai tallennettiin:

3D- Builder on Microsoftin tarjoama, Windows käyttöjärjestelmän omistajalle ilmainen tukiohjelma kolmiulotteisten objektien tarkasteluun.⁸⁴ Ohjelman avulla eri malleja voidaan yhdistää samaan kokonaisuuteen ja näin se mahdollistaa mm. kerroksien tekemiseen (ks. FK2). Tallennusmuotona toimi OBJ-formaatti.

Sketchfab on täysin verkossa toimiva kolmiulotteisten mallien tarkastelusivusto. Se on pääasiallisesti mallien tarkasteluun ja esittelyyn kehitetty sivu, jonka piirissä malleja voidaan myös ladata ja käyttää kaupalliseen tarkoitukseen⁸⁵. Käyttäjäksi on mahdollista rekisteröityä ilmaiseksi, mutta yli 50Mb tiedostojen lataaminen vaatii maksullisen Pro-version. Alustalle ladattuja malleja voidaan tutkia kirjautumatta, mikä tekee mallien jakamisesta (esimerkiksi populaarissa mielessä) helppoa ja yksinkertaista.

4.TUTKIMUS

Tutkimusaineisto koostuu yhteensä neljästä erilaisesta mallista, joihin lukeutuu kaksi lavastettua kaivausaluetta. Kohteet on luokiteltu yksinkertaisesti numeroinnein aikajärjestyksessä 1-4 ja niille on annettu yksinkertaisesti kuvaava

⁸⁴ Microsoft 3D-Builder manual: <https://developer.microsoft.com/en-us/windows/hardware/3d-print/3d-builder-users-guide>

⁸⁵ Sketchfab: <https://sketchfab.com/about>

nimi ja lyhenne tunnistamista varten. Tutkimuskysymyksen ja hypoteesin luonteen vuoksi valitsin kohteiksi toisistaan selvästi poikkeavia alueita ja asetelmia. Kohteita yhdisti kuitenkin se, että jokainen kohde joko imitoi hauta-aluetta tai oli varsinainen hauta-alue. Kohteiden valinnassa on pyritty tietoisesti tallentamaan ja huomioimaan kohteita, joita arkeologiassa tavallisesti voidaan kohdata sekä niin, että ne edustaisivat mahdollisimman kattavasti helposta maastosta aina mahdollisimman hankalaan maastoon (ks. liite: Taulukko 2) saakka.

Kaivausalueiden kuvaamisesta ja piirtämisestä vastasivat allekirjoittanut ja arkeologian opiskelija Thomas Ermala, poikkeuksena Karjalan kannaksen kuvat, joista vastasivat koordinaattorina toiminut SME:n puheenjohtaja (2018) Lasse Nyman sekä kuvaajana toiminut ryhmä Taipaleen jäsen Timo Pääkkö.

4.1 TUTKIMUKSEN MATERIAALI

KOHDE 1: LUURANKO (LH1), HELSINKI

Luurankomallia voidaan luonnehtia eräänlaiseksi pioneerimalliksi, sillä sen rakentaminen on tehty hypoteesin laskelmointivaiheessa. Malli on rakennettu Helsingin yliopiston luuaineistosta, luulaatikon numero 10 aineistosta. Aineisto on tarkoitettu arkeologian opetuskäyttöön ja luiden osat ovat eri ihmisten. Tämän kyseisen luurangon minimiyksilömäärä on kaksi ja se sisältää mahdollisesti sekä miehen että naisen luita. Luuranko koottiin yliopisto-opettaja Wesa Perttolan rakentamalle alustalle Helsingin yliopiston tiloihin.

KOHDE 2: FORENSINEN KOE (FK2), NUMMI-PUSULA

Nummi-Pusulan kaivaus oli osa forensista kokeilua. Kokeilussa täysikasvuisen sian kylkiluun osia haudattiin noin 20 cm syvyyteen. Luiden hautaaminen tapahtui loppukeväästä (toukokuussa 2018) ja hauta-alueen muutoksia tarkkailtiin aina elokuun (2018) loppuun saakka. Kaivauksen päätarkoituksena oli selvittää luun maatumisprosessia, mutta tutkimusalue sopi erinomaisesti myös kerroksittaisen dokumentoinnin kokeiluun. Alue, jolla kaivaukset suoritettiin, sijaitsi omistamallani mökkialueella. Mökkialueen käyttö on ollut aktiivista jo vuodesta 1975, mikä näkyy vahvasti myös kohteen maakerroksissa. Kohde valikoitui mallintamisaineistoksi sen varsin pienen kaivauspinta-alan ja- muodon takia.

KOHDE 3: JOUKKOHauta (JK3), KARJALAN KANNAS

Yhteistyö ja dokumentoinnin työvälineiden kehittäminen herätti ajatuksen siitä, voitaisiinko mahdollisen hautalöydön paikallistamisen yhteydessä kokeilla tutkimustani varten luotua hypoteesia. JK3 on aineistona tutkimukselle yksi tärkeimmistä, sillä kuvat otettiin vähimmäiskuvahypoteesia noudattaen niin, että kuvauksesta vastasivat tutkimuksen ulkopuolelta valitut henkilöt. Mallinnettava aineiston lopullinen versio tehtiin ensisijaisesti tutkimusta varten, mutta myös sotavainajien etsijöille materiaaliksi seminaareihin ja muuhun tieteen tunnettavuuden käyttöön. Tutkimuksesta kentällä vastasi sotavainajien etsintäryhmä Taipale.

Etsintäryhmä Taipale toimii Sotavainajien muiston vaalimisyhdistyksen alaisuudessa ja tutkimus on luvanvaraista. Luvanvaraisuus perustuu Suomen ja Venäjän väliseen valtiosopimukseen.⁸⁶ Etsintäryhmä on tehnyt sotavainajien etsintätöitä vuodesta 1990 lähtien. Ryhmä Taipaleen vetäjänä JK3:n tutkimuksen aikana toimi Mika Albertson. Esitöistä vastasivat Lasse Nyman sekä Timo Pääkkö, joka toimi paikan päällä myös aineiston valokuvaajana.

Tutkimuskohde itsessään on laaja ja aluetta inventoitiin monipäiväisellä maaston tutkimuksella. Alueella on tutkittu 23.12.1939 tapahtunutta epäonnistunutta hyökkäystä. Yhteenotossa kuoli 400 suomalaissotilasta.⁸⁷ Tarinan mukaan pieleen mennyt sekava hyökkäys Neuvostoliittoa vastaan sai sotilaiden keskuudessa nimityksen ”Hölmön Tölväys⁸⁸”, jolla tapahtuma edelleenkin tunnetaan. Ryhmä Taipale teki etsintöjä pääasiallisesti etsiessään luutnantti Sotarautaa, paikantaen kuitenkin lopulta neuvostosotilaiden joukkohaudan oletetusta pommikuopasta.⁸⁹ Vainajien kansallisuuden takia tutkimuksesta ja dokumentoinnista vastasivat viime kädessä Venäjän Sotavainajien etsintäryhmä, mutta esitutkimuksen suoritti ryhmä Taipale.

⁸⁶ Savolainen, 2017: 5.

⁸⁷ Vuorijärvi, 2013: https://sotaveteraani.fi/lehdet/SV%206_2013.pdf

⁸⁸ Yle artikkeliarkisto, 2009.

⁸⁹ Nyman, 2018: sähköpostikeskustelu.

KOHDE 4: RÖYKKIÖHAUTA [753010010] (RS4), SIPOO

Metodin testaamisen kannalta olennaista oli kokeilla sellaisenkin kohteen mallintamista, jonka muotoon ja olosuhteisiin vaikuttaminen oli lähes mahdotonta. Tällä tarkoitetaan tässä tapauksessa siis sellaista aluetta, jonka puustoon tai kasvillisuuteen ei saanut kajota ilman lupaa, eikä varsinaista tutkimusta kohteelle suoritettu. Tästä syystä kooltaan suurimmaksi ja haastavimmaksi kohteeksi valittiin Sipoon Massängessä sijaitseva röykkiö numero 4. Röykkiö sijaitsee toisen röykkiön vieressä ja on noin 10 m leveä. Röykkiö on hiukan levinnyt kivien vierimisen takia viereiseen notkelmaan. Röykkiön reunustalle oli kasvanut nuorta vesakkoa, joka toi oman haasteensa dokumentointiin. Kohteesta tekee mielenkiintoisen sen vieressä sijaitsevan Röykkiö 5:n läheisyys ja se, että tutkituista kohteista tämä kohde kuului ainoana muinaismuistolain suojelun piiriin.

Kiviröykkiö ajoittuu pronssikaudelle, mutta sitä ei ole toistaiseksi kaivettu arkeologisesti. Alueen ensimmäinen tarkastus tehtiin vuonna 1960 ja viimeisin inventointi vuonna 2007.⁹⁰

4.2 KOLMIULOTTEINEN MALLINTAMINEN

Tutkimusalueet valokuvattiin vähimmäismäärähypoteesin mukaisesti (lukuunottamatta kohdetta LH1, josta otettiin enemmän kuvia, mutta joka mallinnettiin lopulta kuvaushypoteesin mukaan poistamalla ylimääräisiä kuvia). Kaikkien kohteiden kuvauksessa on pyritty saavuttamaan mahdollisimman stabiili tausta (ei kaivausvälineitä, varjoja tai liikettä).

Kohteista LH1 ja FK2 laadittiin lisäksi arkeologisilla kaivauksilla yleisesti käytetty, millimetripaperille piirretty kartta sekä kartan käsin digitoitu versio. Kohteesta LH1 laadittiin kahden ihmisen tekemät piirretyt kartta-aineistot vertailua varten, mutta kaikista kohteista tätä ei voitu tehdä tai sitä ei koettu tarpeelliseksi. Esimerkiksi JK3:n kohdalla sotavainajien etsinnän dokumentoinnin vaatimuksiin ei sisälly millimetripaperille tehtävä karttapiirtäminen ja karttoja ei tarpeettomuutensa takia tehty paikan päällä. Myös RS4:n koko suhteessa käsin

⁹⁰ Koivisto 2007: 35.

piirtämiseen ja mittaamiseen käytettävään aikaan ja kartan tuomaan uuteen tietoon kentällä koettiin tarpeettomaksi tutkimuskysymyksiä ajatellen.

KOhteiden kuvaus ja mallintaminen

Jotta kuvista saadaan mahdollisimman edustavat, tulee ottaa huomioon kuvausolosuhteet. Tässä tapauksessa kuvausolosuhteet ja -alueet tarkoittavat sellaisia kohteita, joiden näkyvyys on ainakin kohtalainen (ei yli 1 m vesakkoa/puustoa, valoisa vuorokauden aika, ei kovaa vesisadetta jne.). Valon ja varjon sekä kirkkauden säätely on myös tärkeää, sillä valo vaikuttaa kuvapikseleiden sävyihin ja näin ollen lopulliseen kuvan laatuun.⁹¹ Kuvien laatu on kuitenkin suorassa yhteydessä lopputuloksen tarkkuuteen ja mallin onnistumiseen. Mitä tarkempi resoluutio, sen tarkempi on lopullinen malli.

Arkeologisilla kohteilla valon ja varjojen täydellinen poistaminen voi osoittautua hankalaksi. NykYTEknologialla kuten kuvanmuokkauksella (häiriön poistaminen)⁹² ja väritasapainon säätelyllä voidaan kuitenkin jälkikäteen tehdä varjojen poistoja, mikäli se on tarpeellista. Mahdolliset häiriöt ja liikkuvat objektit tulisi pyrkiä minimoimaan kohteilla. Kuten esimerkiksi Haapakangas⁹³ tutkimuksessaan nostaa esille, kaivauksen dokumentoinnin tulisi joka kerroksella sijoittua samaan aikaan, jolloin häiriöitä kuvien yhtäläisyydessä olisi mahdollisimman vähän. Huomio on tarpeellinen, sillä löydön tapahtuessa kuvausinnostus saattaa nousta ja kuvia kerääntyy epäsuhtainen määrä. Toisin sanoen löytöjen suuri määrä voi johtaa joidenkin kerrosten ylikuvaamiseen, kun taas jotkin kerrokset jäävät vähemmälle huomiolle.

Mallintaminen 3DF Zephyr -ohjelmalla

3DF Zephyr toimii yksinkertaisella ydinidealla, jossa projekti aloitetaan lisäämällä halutut kuvat ohjelmaan, jonka jälkeen ohjelma laskee kuvien kameran sijainnin suhteessa kohteeseen, kuvan sisäiset parametrit (polttoväli jne.) sekä kameran suuntaukset⁹⁴ luoden harvapistepilven (Kuva 11). Optimoinnin jälkeen ohjelmisto

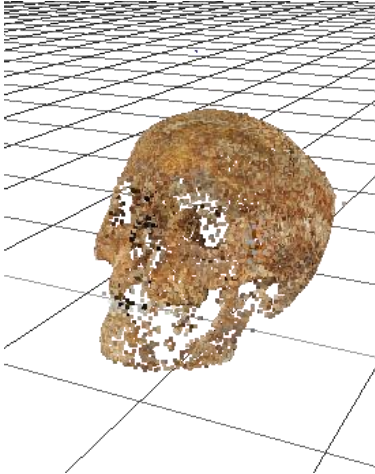
⁹¹ Luhman et al. 2013: 3-4.

⁹² 3DF Zephyr tarjoaa mallinnusohjelmassaan suoraan. Myös tunnetut kuvienmuokkausohjelmistot kuten PhotoShop tarjoaa tällaisen työkalun.

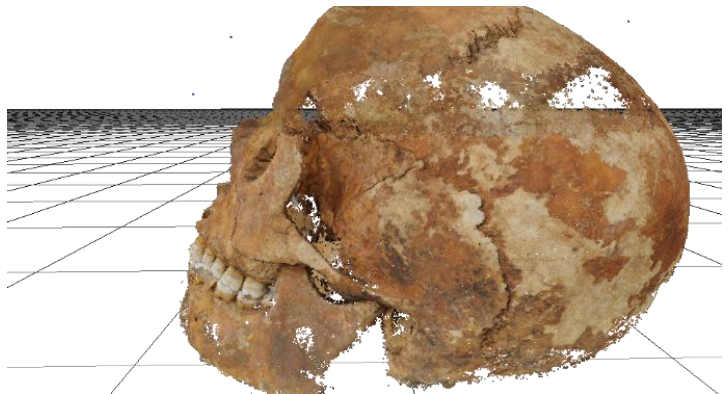
⁹³ 2017:28-29.

⁹⁴ 3DF Zephyr, 2018: 5.

antaa luvan jatkaa tiheäpistepilven luomiseen, jossa itse mallin rakenne uudelleen rakentuu ohjelman työpöydälle. Tässä vaiheessa mallin luoja on mahdollista rajata pistepilven kokoa ja poistaa kamerat, joiden hyöty mallille on olematon tai se vääristää mallia⁹⁵ sekä mallista voidaan poistaa sellaisia objekteja, joita siihen ei toivota.



Kuva 11. Esimerkkikuva, pistepilvi, 3DF Zephyr.



Kuva 12. Esimerkkikuva, mesh, 3DF Zephyr.

Tiheäpistepilven jälkeen mallille luodaan kolmioverkko eli ”Mesh” (Kuva 12). Tämä toiminto yhdistää pisteet toisiinsa niin, että objektin ”rakenteet” yhdistyvät luotuihin pisteisiin. Toiminnon jälkeen mallille voidaan luoda vielä tekstuurit, eli sen realistinen pinta valokuvista. Tekstuurin tarkkuus on täysin suhteessa kuvien resoluutioon. Pintaa voidaan tarkastella myös ilman tekstuuria, mikäli kohteesta pyritään löytämään tiettyjä muotoja (Kuva 13). Esimerkiksi tutkittaessa pinnanmuotoja tai etsittäessä erilaisia ilmiöitä, voi ilman tekstuuria tarkasteltava malli olla hyödyllinen.

⁹⁵ 3DF Zephyr, 2018: 19-25.



Kuva 13. Esimerkkikuva, patruunan pinnanmuodot ilman tekstuuria.

3DF Zephyr käyttää yhteensä kahdeksaa erilaista algoritmia mallintaessaan otettuja kuvia. Näistä Multi-ICP on tarkoitettu laserskannauksessa luodulle aineistolle. Muita algoritmeja ovat 3DF Samantha (kuvien orientaatio automaattisesti), 3DF Stasia (2D -kuvien pistepilven rakennus), 3DF Sasha (mallin rakennus), Texturing (pinta tekstuuri) ja uusimmassa versiossa toimiva Photoconsistency (detaljien korostaminen).⁹⁶ 3DF Masquerade on ohjelmassa toimiva maskeraustyökalu, jolla tässä tilanteessa tarkoitetaan taustan peittoa. Tämä algoritmi on hyödyllinen yksittäisten esineiden mallintamisessa.

Osissa kuvia on käytetty kuvanmuokkausohjelmaa (PhotoShop), jolla kuvan laatua on parannettu manuaalisesti (toiminnolla ”korjaa”). Tämän työvälineen tarkoituksena on maksimoida havainnoitujen pikselien määrä. Kuvien muokkauksesta mainitaan jokaisen mallin yhteydessä, mikäli muokkausta on käytetty.

4.2.1 LUURANKO (LH1), HELSINKI

Tutkimus aloitettiin Helsingin arkeologian oppiaineen tiloissa kevättalvella 2018. Tarkoituksena oli kartoittaa ja harjoitella kuvien ottamista, hyödyntäen oppiaineen välineistöä. Simuloituna kaivausalueena toimi arkeologisen kartan piirtämisen harjoitteluun suunniteltu kaksiosainen alusta, jossa on selkeitä rajoja ja ”muotoja”. LH1 aseteltiin siten, että sen ympärillä pystyttiin kävelemään melko vaivattomasti ja alueen reunoille asetettiin 40 cm välein merkkejä, joista kuvia otettiin. Tässä vaiheessa oli vielä epäselvää, kuinka monta kuvaa todellisuudessa tarvittaisiin, joten mallia varten kuvia otettiin tuplasti oletettuun vähimmäismäärään nähden. Kuvat otettiin Nikonin järjestelmäkameralla, apuna kamerajalusta, joka vakautti

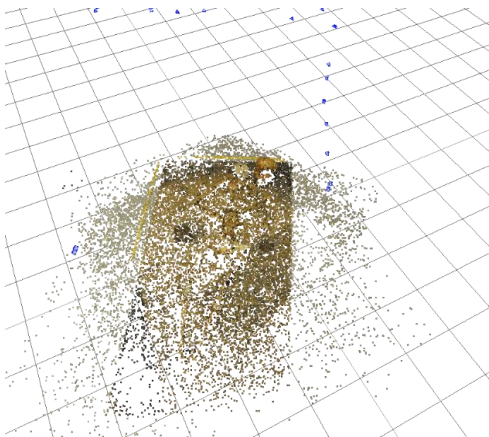
⁹⁶ 3DF Zephyr 2018, technology: <https://www.3dflow.net/technology/>

kuvan (Kuva 14). Kuvausetäisyytenä oli 1.5 m, lähikuvassa (10°) vapaalla kädellä otettuna noin 30 cm ja ortokuvan etäisyys kohteesta noin 2 m.



Kuva 14. Kuvauspäivä, Helsingin yliopiston arkeologian oppiaineen Instagram -päivityksen kuva käynnissä olevasta tutkimuksesta. Kuva. Wesa Perttola

Saaduista kuvista rajattiin vain kuvaushypoteesia kuvaava otanta, joka 1 m x 2 m alueella tarkoitti yhteensä kolmetoista kuvaa. Kuvat vietiin 3DF Zephyr ohjelmaan, jossa niiden mallintaminen aloitettiin. Jo tässä vaiheessa kymmenen asteen kulmasta otetut kuvat jätettiin pois, sillä niiden informaatio ei toiminut tai tuonut lisäarvoa otetuille kuville vaan väärensi luiden paikkoja suhteessa 40°:n ja 90°:n kuviin. Rekonstruktio tehtiin korkeimmalla tarkkuudella jokaisessa mallinnuksen vaiheessa. Ohjelma tunnisti kaikki kolmetoista kuvaa, joista se rakensi avainpisteistä pistepilven (Kuva 15). Tämän jälkeen pistepilven päälle rakennettiin Mesh (Kuva 16).



Kuva 15. Pistepilvi, jossa kuvista luodut pisteet ovat asettuneet malliin.



Kuva 16. Mesh, eli kolmioista muodostuva ”verkko” joka luo mallille pinnan.

Kolmioverkkomallinnusvaiheessa mallista pystyttiin havainnoimaan selkeä anomalia kallon takaraivon kohdalla. Tämä enteili sitä, ettei kyseisen kohdan mallintamiseen löytynyt tarpeeksi pisteitä (Kuva 17).



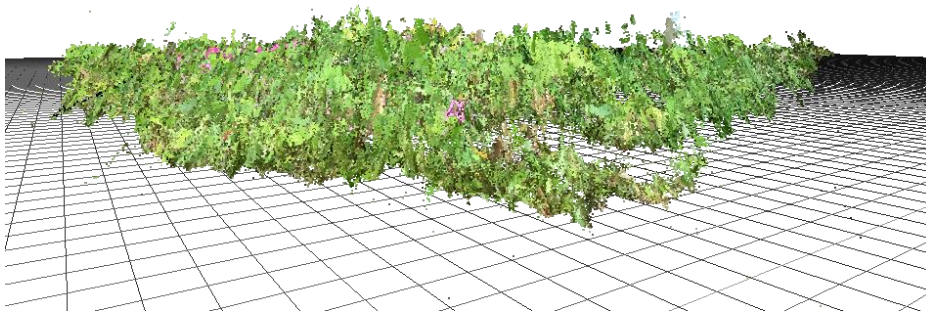
Kuva 17. Takaraivon vaillinainen muodostuminen malliin.

Alueesta piirrettiin myös millimetripaperille ”kaivauskartta”, jotta tilanteesta saataisiin mahdollisimman autenttiset dokumentit. Lopullisen mallin tekemiseen meni aikaa 15 minuuttia, karttojen piirtämiseen ja digitointiin aikaa kului kaksi tuntia. Mallin kuviin ei käytetty kuvanmuokkausohjelmia.

4.2.2 FORENSINEN KOE (FK2), NUMMI-PUSULA

FK2 mallinnettiin kahden päivän kokeellisista kaivauksista. Kohde poikkesi LH1:stä sillä, että kohteen kuvat otettiin järjestelmällisesti suoraan vähimmäishypoteesin mukaan. Kohteesta kuvattiin neljä eri kerrosta, jotka lopulta yhdistettiin yhdeksi kokonaisuudeksi. Kuvauksessa käytettiin älypuhelinia (iPhone 6s), jotta saataisiin kerättyä vertailuaineistoa kuvien laadusta eri kuvausvälineiden välillä ja käyttömahdollisuuksista myös haastavammissa kenttäolosuhteissa. Taulukossa 1 on esitetty kaivausalueelta saatujen avainpisteiden lukumäärät kerroskohtaisesti, jotka älypuhelimien kameralla normaaliasetuksilla saatiin. Alue rajattiin kuten arkeologinen kaivaus niin, että oletetut luut paljastuisivat maan alta noin 20 cm syvyydestä. Alueen koko oli 50 cm x 100 cm ja sen lopulliseksi syvyydeksi tuli 20 cm. Syvyys oli määritelty jo luiden asettamisvaiheessa (kevät 2018). Kaivausmetodiksi valittiin tasokaivaus.

Ensimmäisenä kuvattiin päällimmäinen kerros, eli pintakerros. Pinta kyseisellä alueella oli korkeaheinikkoista ja tästä syystä jo kuvien ottamisen yhteydessä voitiin olettaa, että heinikko tuottaa ongelmia mallinteon yhteydessä. Pintakerroksen poistamisen jälkeen seuraavasta (krs 1) kerroksesta kaivettiin 5 cm taso pois ennen kuvaamista. Kuvat otettiin hypoteesin mukaan noin metrin etäisyydeltä. Tältä kohteelta kuvattiin myös kymmenen asteen kulmasta kuvia, jotta saataisiin vertailtavaa aineistoa mallin rekonstruoinnista ja tämän kuvausasteen mahdollisesta hyödystä. Kerrokset 2 ja 3 kaivettiin myös 5 cm tasoissa ja kuvattiin samalla tavalla kuin kerros yksi. Kerroksen mallinnus tapahtui kuten kohteen LH1. Jokaisen kerroksen kuvat tuotiin erikseen ohjelmaan, jossa ne rekonstruoidiin kolmiulotteiseksi kuvaksi jokainen kerrallaan.



Kuva 18. Korkean ruohikon aiheuttama epäsuhta.

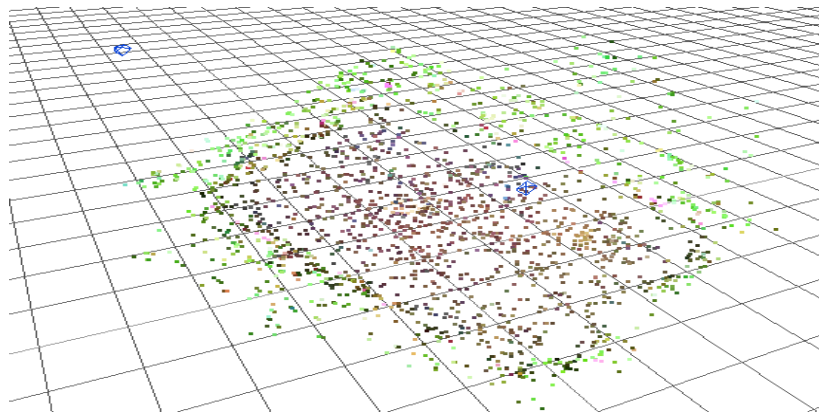
Pintakerroksen ruoho-olettamus näkyi suoraan jo pistepilven rakentumisen kohdalla (Kuva 18). Mallin kahdeksasta kuvasta ohjelmisto tunnisti ainoastaan kolme ortokuvaa, joiden perusteella se rakensi pintakerroksen mallin.

Vaikka ohjelma havaitsikin vain kolme kuvaa, se sisälsi harvapistepilvessä 1730 avainpistettä ja tiheäpistepilvessä 1072147 avainpistettä. Ohjelmassa näkyneet kolot voitiin täyttää ”filling → water tight”-komennolla, mutta sen ei nähty olevan tässä tilanteessa tarpeellista, sillä mallin haluttiin edustavan juuri sellaista mallia, millaisena se rekonstruoituu vähimmäismäärän kuvista.

Työstettävä kerros	Harvapistepilvi (avainpistettä)	Tiheäpistepilvi (avainpistettä)
Pintakerros	5666	785 402
Kerros 1	1333	840 405
Kerros 2	1931	1083237
Kerros 3	1730	1072147

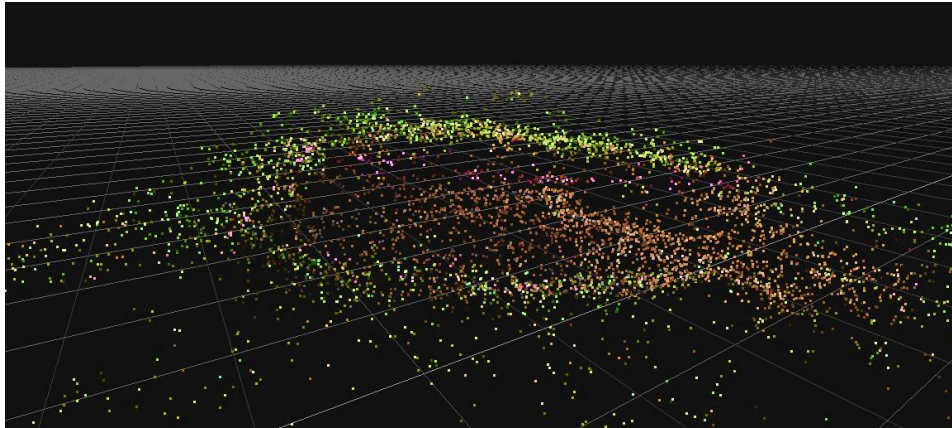
Taulukko 1. mallien avainpisteet.

KH2:n ensimmäisen kaivauskerroksen kohdalla ohjelmisto tunnisti vain seitsemän kuvaa kahdeksasta. Tämä ei tosin vaikuttanut työn lopputulokseen, vaan heijasteli mahdollisesti sitä, että kahdeksannen kuvan avainpisteet eivät tuoneet malliin lisäarvoja. Ensimmäisen kerroksen kuvien harvapistepilven avainpisteet jäivät kuitenkin selvästi harvemmiksi (Kuva 19) kuin muiden mallien (Taulukko 1). Tämä voi johtua myös alkuperäisten kuvien suhteesta toisiinsa tai etäisyyden vaihtelusta (zoomi, lika linssissä tai tarkennushäiriö).



Kuva 19. 1 krs harvapistepilvi avainpisteiden levintä alueella.

Toisen kerroksen kuvista ohjelmisto tunnisti jokaisen. Sen tiheäpistepilvi loi todella laaja-alaisen hajauman tarvittavan mallin ympärillekin (Kuva 20) ja nämä ylimääräiset avainpisteet poistettiin manuaalisesti ennen Mesh- toiminnon käyttöä.



Kuva 20. 2 krs harvapisteilvi ja avainpisteiden levittäytyminen alueelle avainpisteiden levintä alueella.

Kolmannen ja näin ollen myös viimeisen kerroksen, eli pohjakerroksen, mallintamisessa ohjelmisto tunnisti edelleen kaikki vähimmäismääritelmän kuvat. Avainpisteiden laajuus kahdessa viimeisessä kerroksessa oli selvästi yhteydessä ohjelmiston tunnistamiin kuviin ja niiden yhteyspisteisiin. Kolmioverkkotoiminnolla (Mesh) avainpisteet yhdistettiin toisiinsa, jolloin ohjelma loi tiheäpisteistä rakentuvan mallin muodon. Avainpisteiden muodostaman kolmioverkon avulla kerrosten pintaa voitiin tarkastella (Kuva 21) sellaisenaan, kun se oli kentällä kuvattaessa ollut ja sen avulla mallin rakentumistiheyttä voitiin tutkia. Lopuksi kerrosten päälle asetettiin vielä tekstuurijatkokäyttöä varten. Tekstuurin rakenne jokaisen mallin kohdalla oli kooltaan max. 8192 x 8192 pikseliä ja resoluutio 100 %, eli ohjelmalle annettiin lupa käyttää kuvien resoluutiotarkkuutta täydellä teholla. Yhteensä neljäkerroksisen mallin rekonstruointiin kului 40,07 minuuttia.



Kuva 21. Kerros 1, kolmioverkko. Kaivauskerroksen muodot ilman tekstuuria.

4.2.3 JOUKKOHAUTA (JK3), KARJALAN KANNAS

Aluksi varmuutta kuvausolosuhteista tai haudan paikallistamisesta ei ollut, mutta lopulta kuvat saatiin otettua hypoteesia noudattaen. Kuvaukseen käytettiin jälleen älypuhelimien (iPhone 5) kameraa. Kuvia alueelta saatiin vähimmäismäärähypoteesin vaatimat 13 kappaletta. Tässä kuvakokonaisuudessa tuli huomioida alueen epäsymmetrisyys ja haastava maasto. Kuvien värin lopullinen laatu oli kuitenkin vaalea ja kuville jouduttiin tekemään väritasapainon korjaus sekä kohinan poisto PhotoShop-ohjelmalla (automatisoituja komentoja ohjelmassa). Tämä ei itsessään vaikuttanut havaittaviin ilmiöihin vaan auttoi ohjelmaa löytämään yhteyspisteet mallia varten (vrt. Kuvat 22 ja 23).

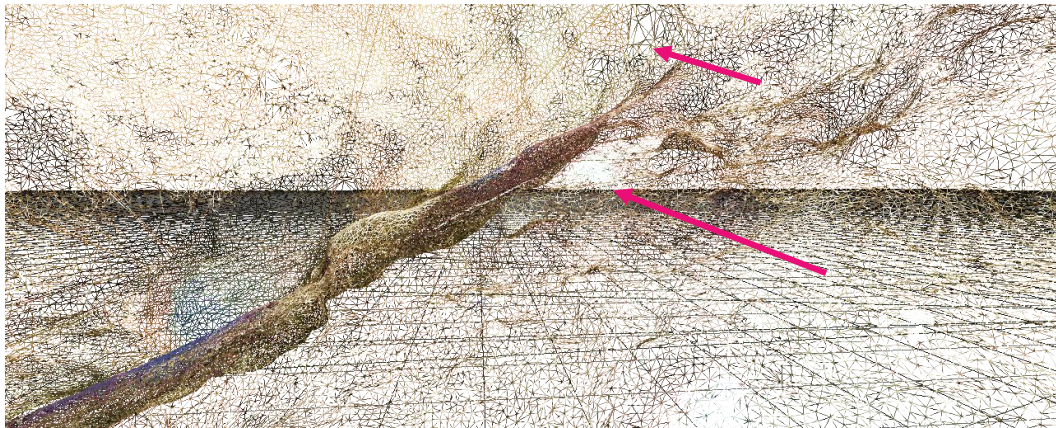


Kuva 22. Kuva haudasta ennen kuvaparannusta.



Kuva 23. Kuva jälkeen parannuksen.

Kuvakorjauksen jälkeen ohjelma tunnisti kaikki kuvat luoden hyvin tiheet avainpistepilvet. Harvapistepilvi käsitti 4424 avainpistettä ja tiheäpistepilvi löysi 1 223 098 avainpistettä. Lähtökohdaksi kuvan rekonstruoinnille tämä oli hyvä tulos, sillä ohjelmisto pystyi rakentamaan kaksiulotteisista kuvista syvyyksiä sekä käyttämään kuvan resoluutiota hyväksi. Seuraava vaihe, eli pinnan muodostaminen, onnistui sekin vaikkakin jättäen joitain kohtia todella tiheiden alueiden lähetyvillä melko tyhjiksi (Kuva 24).



Kuva 24. Pinnan muoto, jossa sääriluun alla sijaitseva kohta muodostuu harvasti.

Lopullisessa mallissa tekstuuria parannettiin vielä ”photo consistency” -toiminnolla, jonka tarkoituksena on luoda mallin rakenteen päälle maksimitarkkuus,⁹⁷ hyödyntäen maksimiresoluutiota, jonka kuvat pystyivät tarjoamaan eli 4032 x 3024 pikseliä. Kokonaisaika mallintamiseen oli 35 minuuttia

4.2.4 RÖYKKIÖHAUTA [753010010] (RS4), SIPOO

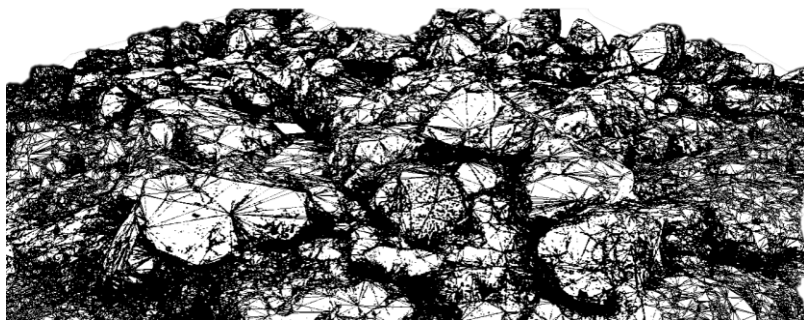
Viimeiseksi mallinnettavaksi kohteeksi valikoitui laaja-alainen röykkiöhauta Sipoosta, tarkemmin Massängensistä. Röykkiö sijaitsi saavutettavan matkan päässä ja sinne oli helppo kantaa kuvaus varusteet. Paikka sijaitsi kallion laella ja röykkiö numero 4:n vieressä oli kiinni myös toinen, röykkiö 5:ksi nimetty hauta-alue.

Koska kiviä oli vierinyt leveälle alueelle röykkiöstä poispäin ja jäkälän alla sijaitsi joitain irtokiviä, oli kuvausolosuhteet hankalat. Röykkiöstä kasvoi vesakkoa ja sen pohjoispuolelle levittäytyi mänty, myös muinaismuistokyltti oli kuvaamista häiritsevä tekijä.

⁹⁷ 3DF Zephyr 2018: 41.

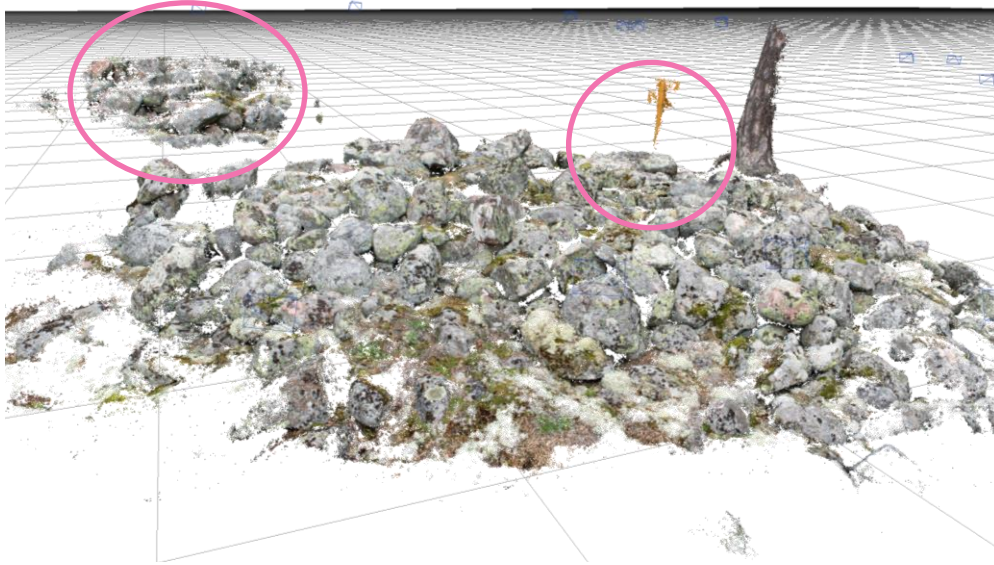
Kohteesta otettiin 29 raakakuvaa. Raakakuva eli RAW- kuva sisältää kuvakennon tallentaman kuvan muokkaamattomassa versiossa.⁹⁸ Raakakuvan pikselimäärä on häviötön, eli se tallentaa jokaisen alueen yksityiskohdan mikä mahdollistaa parametrien muokkaamisen alkuperäistiedostoa muokkaamatta. Kuvien suuren pikselimäärän takia kuvat pakattiin JPG- tallennusmuotoon. Tämä mahdollisti kuvien käytön myös tutkimuksessa käytettävillä tietokoneilla, jotka eivät tukeneet CR2 kuvamuotoa. Kuvien pikselitarkkuus näin ollen heikennettiin, jotta kuvaa voitaisiin käyttää tutkimuksessa käytettävillä tietokoneilla.

Ohjelmisto tunnisti kaikki 29 kuvaa, jotka vähimmäismääritelmän mukaan alueesta tarvittiin. Kuvat olivat laaja-alaiset, sillä ne otettiin yhdeksänkymmenen asteen kulmasta ja ortokuvina sekä niiden ottamiseen käytettiin järjestelmäkameraa. Yhden kuvan resoluutio oli 6000 x 4000 pikseliä. Suuri kuvamäärä sekä niiden suuri informaatio aiheutti ongelmia mallintamisessa. Aikaa pistepilvien laskemiseen meni selvästi kauemmin kuin edellisten mallien rekonstruoinnissa (30 min.). Tiheäpistepilven lopullinen avainpistemäärä oli 5 853 538. Kolmioverkon muodostaminen alueesta oli työläin sekä tietokonetta rasittavin osuus sen valtavan avainpistekoon takia. Pinnan kolmioita, eli pisteitä joihin kolmiot rakentuvat löytyi kyseistä mallista kokonaisuudessaan 7 047 000, joka jo itsessään kertoo kohteen laajuuden ja sen sisältämät avainpisteet. Kuten kaikissa edellisissäkin malleissa, myös tässä mallissa lisättiin päällimmäiseksi kerrokseksi tekstuuri. Tekstuuri ei kattanut kaikkia kivien tekemiä koloja, sillä ohjelmisto ei rakentanut täysin mustista kohdista pistepilveä tai verkkoa. Kivien tekstuuri sen sijaan rekonstruoitui hyvin (kuva 25). Tämä oletettavasti johtui suoraan resoluution suuruudesta.



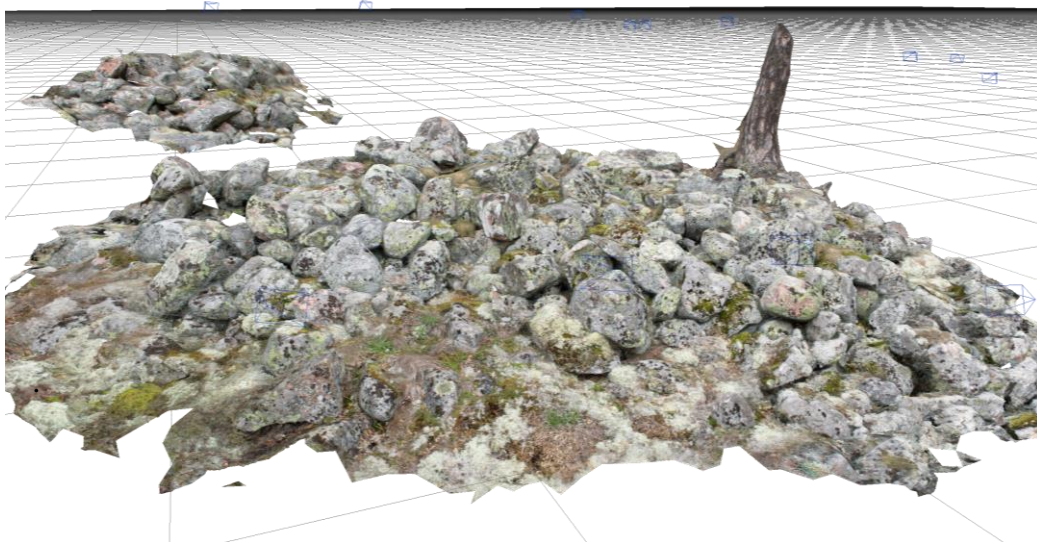
Kuva 25: pinnan muoto, jossa kivien muodostamat yksityiskohdat tulevat esiin.

⁹⁸ Canon, 2018:
https://www.canon.fi/for_home/product_finder/cameras/digital_slr/technologies_features/raw_jpeg_recording.aspx



Kuva 26. Muinaismuistokyltti sekä toinen röykkiö tiheäpistepilvenä.

Muinaismuistokyltti alueen reunalta rekonstruoitui röykkiön malliin (kuva 26), samalla pistepilvistä muodostui myös röykkiö nro 5, jonka reuna näkyy mallissa. Oranssi pylväs poistettiin onnistuneesti kohteesta ja jäljelle jäi vain röykkiö nro 4 ja röykkiö nro 5 kulma (Kuva 27).



Kuva 27. Kyltti poistettu onnistuneesti niin, ettei se vahingoittanut mallia.

Yhteensä aikaa mallin rakentamiseen meni 65 minuuttia. Ajallisessa vertailussa on kuitenkin hyvä muistaa, että aika on suoraan suhteellinen näytönohjaimen ja tietokoneen prosessorien tehoon.

5. MALLIEN TARKASTELU JA TULKINTA

Kuvien korkeuksien sekä suhteiden hahmottaminen pelkin tasokartoin tai kuvin voi olla ajoittain haastavaa. Tällöin myös esimerkiksi tietyt korkeuseroista muodostuvat ilmiöt tai eri kerroksien luomat kokonaisuudet saattavat jäädä huomioimatta jälkitutkimuksessa. Mitä kauemmaksi tulevaisuuteen menemme, sitä epävarmemmin muisti kaivausalueesta säilyy. Arkeologi tallentaa kuitenkin vain sen tiedon, jonka hän pystyy kaivaushetkellä havainnoimaan ja huomaamaan.⁹⁹

Kuvadokumentaatio kaksiulotteisena ei pysty tarjoamaan samanlaisia tarkastelumahdollisuuksia kuin kolmiulotteinen onnistunut malli. Esimerkiksi FK2:sta tehty neljäkerroksinen yhdistetty kerrosdokumentaatio mahdollistaa sen, että tutkija voi leikkautua kerrosten lävitse ja tarkkailla niiden muotoja mallin sisältä käsin (Kuvat 28, 29, 30 & 31). Mikäli malli siirretään mittatarkaksi koordinaatistoon, siitä voidaan tehdä jälkikäteen myös erilaisia mittauksia (esim. syvyys ja leveys jollakin ilmiöllä).

Tutkimustulokset toivat niin ikään ilmi, että parhaimmillaan resoluution laatu voi olla avaintekijä maaperän materiaalin havainnollistamiseen kuvista. Hyvän resoluution avulla mallista voidaan erottaa erilaisia kasveja (kuva 28), erilaista maaperää kuten hiekansekaista multaa sekä hiekkaa (kuva 30).

⁹⁹ Feder, 2009: 113-114.



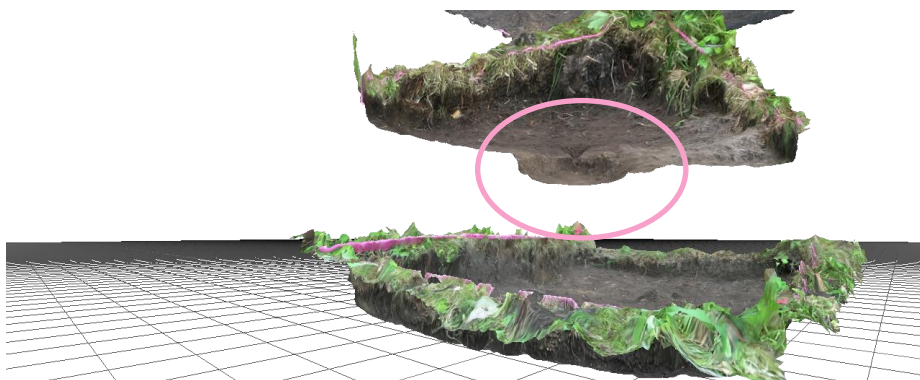
Kuva 28. Pintakerroksen lähtötaso, josta lähestytään lähemmäksi pintaa.



Kuva 29. Heinikko, joka on muuttunut jo pikseleiksi toiseen kerroksen rajalla



Kuva 30. Seuraava kerros (1krs.), jota tarkkaillaan suoraan pintakerroksen pohjasta.



Kuva 31. (2–3krs) krs 2:n luiden hautaamisesta johtuva, uudelleen täytetty kuoppa, jonka voi havainnoida painaumanäköisesti kerroksen pohjassa.

Malli yhdessä profiilikuvauksen kanssa mahdollistaisi kolmiulotteisen hahmottamisen eri kerrosten jatkuvuudesta ja loisi näin kattavan kokonaisuuden jatkotutkimukselle. Virtuaalisessa muodossa malliin voidaan myös liittää merkintöjä esimerkiksi näytteenottokohdista sekä muita oleellisia tietoja (esim. 3D Builder, Agisoft).

5.1 TASOKARTASTA KOLMIULOTTEISEEN MAAILMAAN

Suurimmassa osassa malleja voidaan sanoa, että valokuvaushypoteesi täyttyi ja se muodosti jatkotutkimusta varten sellaisia malleja, joista erottuu selkeitä ilmiöitä. Jokaisen tässä tutkimuksessa tehdyn kaivauskohteen vähimmäiskuvista oli mahdollista luoda kolmiulotteinen malli ja sen tarkkuus vastasi vähintään tasokarttapiirrosta. Hypoteesin alkuoletuksena oli, että kolmesta eri asteesta (10° , 40° sekä 90°) otetuista kuvista saataisiin parhain mahdollinen vähimmäislaatu kolmiulotteisille malleille. Tämä osoittautui kuitenkin vääräksi oletukseksi, sillä jo LH1:n mallintamisen aikana mallinnusohjelma hylkäsi kaikki kymmenen asteen kuvakulmasta otetut kuvat. Kymmenen asteen kuvakulmasta otettujen kuvien hyödyntämistä kokeiltiin vielä tarkemmilla asetuksilla (high details), mutta vähimmäismäärä jäi silti neljänkymmenen asteen sekä ortokuvauksen varaan.

Tämän tuloksen perusteella vähimmäiskuvavaatimuksen kuvauskulmien määrä laski kolmesta kahteen kuvausasteeseen. Vaikka ensimmäisenä tuloksena kahden kuvakulman vähimmäisvaatimus näyttääkin toteuttavan laadullisesti käyttökelpoisia malleja, tarvitsisi se enemmän tutkimusta tulevaisuudessa. Olisiko esimerkiksi mahdollista löytää manuaalisesti avainpisteitä, joilla läheltäkin otetut kuvat voitaisiin yhdistää muihin kuvakulmien kuviin tai esimerkiksi mikä olisi optimaalinen etäisyys kymmenen asteen kuvakulman kuville suhteessa muihin alueen kuviin. Muuttuvat kuvausolosuhteet, pinta, jota kuvataan ja kuvaamispaikka luovat haasteen yhdistää kuvia matemaattisesti toisiinsa.¹⁰⁰ Mallien luominen jatkokäyttöä varten onnistui kuitenkin odotetulla tavalla, vaikkakin Sketchfab-alustalle ladatessa mallien resoluutio ja koko pienenevätkin vain 50 MB: n. Tämä heijastuu julkaistuissa malleissa mahdollisena puuroutumisena lähemmäksi kohdennettaessa.

¹⁰⁰ Haapakangas: 28-29.

Virtuaalinen malli ei kuitenkaan aina onnistu. Esimerkiksi FK2:n ensimmäisen kerroksen rekonstruoitumisen aikana ohjelma ei tunnistanut kaikkia hypoteesin mukaisia kuvia ja tästä syystä kyseisen kerroksen tarkastelu onnistuu vain tietyistä kuvakulmista. Niin ikään ohjelmaa piti avustaa JK3:n kohdalla kuvien parantamistyökalulla, jotta mahdollisia yhteneviä pikseleitä saataisiin maksimi määrä. On otettava huomioon, että malli saattaa epäonnistua tai mallinnusohjelma jättää joitain silmillä havaittavissa olevia asioita rekonstruoimatta (huono kuvan resoluutio, sääolosuhteet, vahvat valot ja varjot tms.). Kuvaamalla dokumentointi ei myöskään pysty taltioimaan asioita kuten haju, akustiikka tai tunnelma, jotka saattavat olla tärkeä huomioida kohteella. Voidaan myös kritisoida digitaalisen aineiston pysyvyyttä ja varmuutta, sillä muistikortti tai kamera saattavat vaurioitua kaivausten yhteydessä, estäen tai hidastaen kaivausten dokumentointia.

Vaikka valokuva ei olekaan mittakaavassa täydellinen toisinto todellisuuteen nähden, se on lähimpänä tallennettavaa todellisuutta, jollaisena se heijastuu valon ja varjon tuloksena¹⁰¹ ihmisen näkökenttään. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, etteikö tulkinta olisi tärkeää arkeologisessa kaivausdokumentoinnissa. Arkeologinen aineisto on itsessään sellaista, että se vaatii tulkintaa ja vertailua.¹⁰² Aineiston tulisi kuitenkin tukea tulkintaa.

Kartan tulkinta jää aina lopulta piirtäjän harteille ja on subjektiivinen, eli se vastaa kartan piirtäjän näkemystä alueesta. Biologisesti jokainen ihminen vastaanottaa näkökenttäänsä maiseman samanlaisena. Kulttuurillinen tausta, kognitiivinen havainnollistaminen ja sen monimuotoisuus sekä biologiset erot näköaistissa muuttavat kuitenkin nähtävän maiseman tai tapahtuman jokaisen yksilön henkilökohtaiseksi näkemykseksi.¹⁰³ Näkemyksellä tarkoitetaan sitä kokonaisuutta, jonka kaivaustilanne aiheuttaa esimerkiksi piirtäjässä. Kiire voi aiheuttaa epätarkkuutta, havainnointiin saattaa vaikuttaa ennakko-oletukset sekä toiveet ja niin edelleen. Aivot voivat luoda asioita, joita todellisuudessa ei olekaan. Esimerkiksi kaivettaessa stressin ja kiireen alla aivot saattavat tulkita joitain

¹⁰¹ Mullen, 1998: 18–19.

¹⁰² Seppänen, 2008: 219–222.

¹⁰³ Mullen, 1998: 16–19.

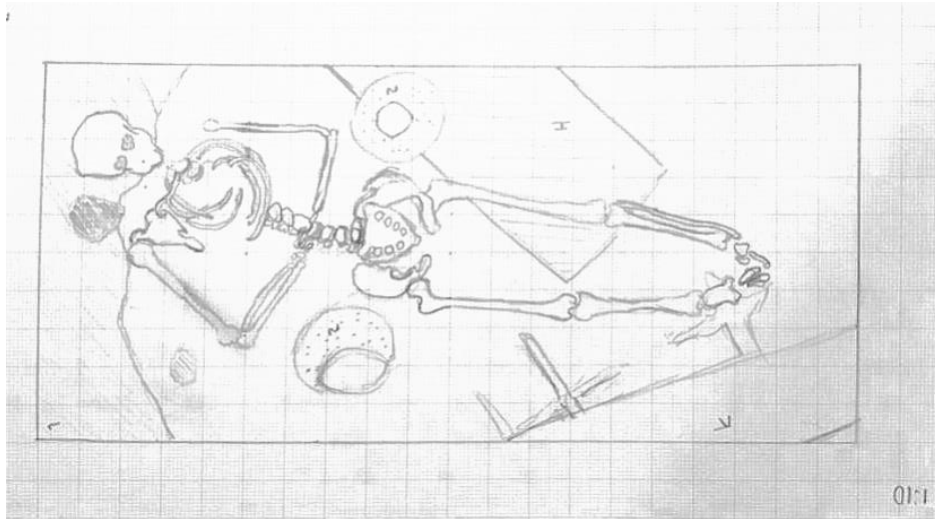
signaaleja (värieroja, muotoja) vanhasta muistista¹⁰⁴ ja näin ollen luoda alueelle jotain, jota siellä ei fyysisesti ole.

Tutkimuksen yhteydessä tehtiin kokeilu, jossa kaksi eri henkilöä piirsi tasokartan kohteesta LH1. Tässä tasokartan piirtämisessä kohde piirrettiin 1:10 mittakaavaan käyttäen taittomitoista rakennettua kehikkoa laskenta-apuna. Taittomitta on yleisesti arkeologisilla kohteilla Suomessa käytetty apu silloin, kun aluetta piirretään tasokartalle. Näin alueet asettuvat suurin piirtein siihen kohtaan, jossa ne maastossakin sijaitsevat.

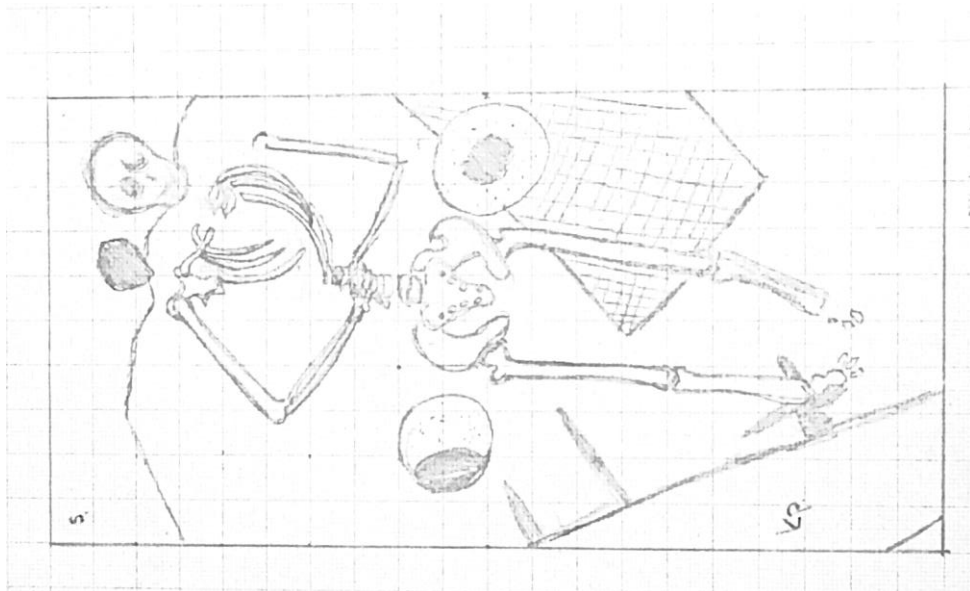
Tuloksessa erityisen kiinnostava ilmiö on se, että vaikka piirroksat (kartat 2, 3 ja 4) ovat samalta päivältä ja samasta kohteesta sekä samalla metodilla piirretyt ne poikkeavat toisistaan huomattavasti. Digitoidussa versiossa on nähtävissä jälleen selviä eroja piirrettyihin karttoihin, vaikka piirros onkin digitoitu suoraan tasokartan päälle. Tämän lisäksi aikaa itse työvaiheeseen kului kokonaisuudessaan 4 tuntia.

Tämä vertailu on kuitenkin hyvin pieni otanta tutkimuksen kannalta ja antaakin vain osviittaa mahdollisesta virhearvosta, jonka kertautuminen mahdollisesti nousee aina uuden piirtäjän myötä. Lopputulokseen voivat vaikuttaa kohdekohtaisesti piirtäjän pituus suhteessa alueeseen, piirteiden tunnistaminen ja arvottaminen, taitotaso piirtämisen ja mittakaavan muutoksen tekemisessä ja niin edelleen. On myös mahdollista, että kaivauksella toimii samanaikaisesti useampia piirtäjiä. Ennen kaikkea tämä vaatisi myös lisää tutkimusta siitä, kuinka subjektiivinen kartta voidaan muuntaa tulevaisuudessa vastaamaan enemmän objektiivista tulosta.

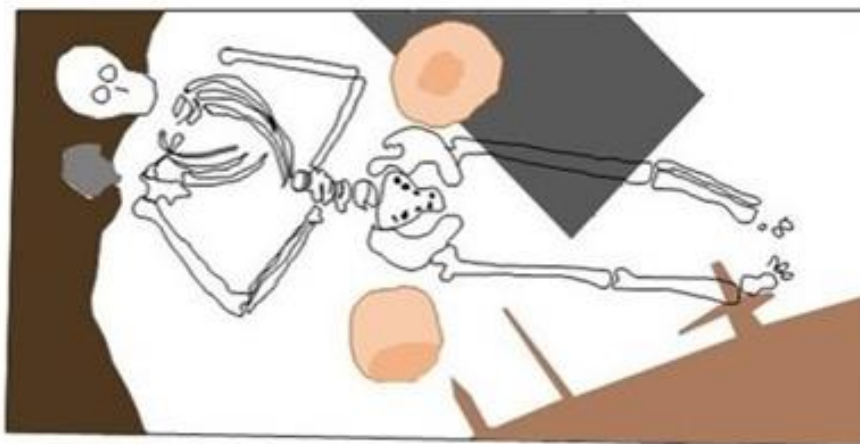
¹⁰⁴ Wallace 2004:252 – 258.



Kartta 3. Tasokartta, Ermala.



Kartta 3. Tasokartta, Savolainen.



Kartta 4. Digitoitu tasokartta, Savolainen.

Kuten esimerkiksi Roiha geoinformatiikan hyödyntämisen tutkimuksessaan toteaa,¹⁰⁵ tasokarttojen piirtäminen on tapa, joka voidaan korvata nopeammilla ja tarkemmilla metodeilla (esim. fotogrammetria). Tasokarttojen piirtäminen ajoittuu aikaan ennen kehittyneitä geoinformatiikan ja kolmiulotteisen mallintamisen ohjelmistoja ja on toiminut siinä ympäristössä tiettyjen rajaehdojen avulla nykypäivään asti. NykYTEknologia tarjoaa kuitenkin helposti lähestyttäviä ja jopa ilmaisia ohjelmia, joiden avulla tasokarttoja voidaan luoda suoraan kolmiulotteisista malleista. Esimerkiksi jos alueesta otetaan koordinaatit, voidaan mallit luoda kaksiulotteiseksi kartaksi jälkikäteen geoinformatiikan tietokoneohjelmilla¹⁰⁶ tai käsin digitoimalla, kuten JK3:n ja RS4:n tasokartat (ks. Liitteet: JK3 ja RS4) ovat tehty. Onnistuessaan tällainen metodi säästäisi aikaa silloin, kun kohde on esimerkiksi iso ja / tai moniosainen, sillä tasokartan piirtämiseen kuluu kentällä sekä jälkitöissä valtava tuntityömäärä.

Ohjelmien käyttäminen vaatii kuitenkin ammattitaitoa ja kaventaa mahdollisuuksia hyödyntää tekniikkaa kenttäolosuhteissa. Ohjelmistojen hinnat ovat samalla edelleen tuhansia euroja (vaikka lisenssit ovatkin pitkäaikaisia) ja ne toimivat vain tietyillä prosessoreilla. Tämä saattaa itsessään vaikeuttaa esimerkiksi pienempirahoitteisten kaivausten mahdollisuutta käyttää teknologian kehitystä hyväksi.

5.2 MALLIEN JATKOKÄYTTÖ

Kaikki arkeologinen aineisto ei tule kuitenkaan olla vain karttajohdannaista tai arkistoja varten tehtyä tallentamista. Arkeologisella kaivauksella tulisi miettiä, miten ja ennen kaikkea miksi arkeologista aineistoa kerätään. Kerätyn valokuvamateriaalin tulisi palvella tutkijoita mutta myös muita ihmisiä. Mallien hyödyntäminen voitaisi nähdä niin ikään mahdollisuutena tehdä arkeologiasta ja sen työstä lähestyttävämpää sekä helpommin ymmärrettävää. Kolmiulotteinen malli kertoo maallikolle nopealla vilkaisulla paljon enemmän kuin kartta ja kaivausraportti. Niiden tulkintaan ja tutkimiseen ei tarvita samanlaista pohjatietoa, kun esimerkiksi karttojen tai tutkimusaineiston ymmärryksessä.

¹⁰⁵ Roiha 2018: 84- 85.

¹⁰⁶ Roiha, 2018.

Jokainen rekonstruoitu malli, joka luotiin tämän tutkimuksen yhteydessä, ladattiin Sketchfab-alustalle.¹⁰⁷ Tämän oli tarkoitus ennen kaikkea kerätä kommentteja myös ulkopuolisilta tahoilta siitä, millaiseksi he kokisivat kolmiulotteisen arkeologisen esittämisen. JK3, joka tehtiin yhteistyössä sotavainajien etsijöiden kanssa, oli alusta alkaen tarkoitettu jatkokäyttöön nimenomaan etsintäryhmiä varten. Mallin avulla myös etsintäryhmiä muun muassa sosiaalisessa mediassa seuraavat henkilöt pystyivät tutkimaan ja tarkastelemaan sitä tilannetta, jollaisena joukkohauta Karjalan kannakselta paljastui. JK3 tavoitti julkaisupäivänään yli 400 katsontakertaa ja sitä jaettiin eri sosiaalisissa medioissa, kuten Kalmistopiirin uutisissa Facebookissa. Julkaistu malli herättikin kiinnostusta valokuvausdokumentoinnin kehittämisestä sotavainajien etsinnässä tehtävässä dokumentoinnissa.

Pyysin SME:n¹⁰⁸ vuoden 2018 puheenjohtajaa, Lasse Nymania, keräämään yhteen sotavainajien etsijöiden kokemuksia ja ajatuksia mallista, jonka he saivat käyttöönsä. Nyman kokosi kommentteja¹⁰⁹ siitä, kuinka joukkohaudan malli ja kolmiulotteinen esittäminen arkeologian puolelta nähtiin. Koen ajatusten heijastavan tärkeän näkökulman kokemuksista myös arkeologian tieteenalan ulkopuolelta, ja siksi se on myös olennainen osa keskustelun kokonaisuutta.

”Kolmiulotteisen dokumentoinnin vahvuus on siinä, kun dokumentoitua kaivausta esitetään henkilöille, jotka kaivaushetkellä eivät paikalla olleet. Sotavainajien etsinnän kohdalla on ollut ensiarvoisen informatiivista näyttää, mallin tekovaiheesta riippuen, kaivauksen etenemistä eri yhteistyötahoille. Kaivauksen alkuvaiheessa tehty malli, jossa varsinaisia jääniteitä ei juurikaan näy, on ollut erittäin käyttökelpoinen lähestymistapa, kun sotavainajien etsintätyötä esitellään luennoilla. Kaivauksen loppuvaiheesta tehty malli taas on perinteisten valokuvien ohella hyvä dokumentointitapa, kun kaivauksen etenemistä on esitetty viranomaisille tai kulloisenkin maan tutkijoille.”¹¹⁰

Jatkokäytön mahdollisuuksien rajaamisessa käytettiin lisäksi hyödyksi ”yleisön mielipidettä”. Koska tutkimuksessa oli ensiarvoista kuulla ihmisten mielipiteitä mahdollisimman laaja-alaisesti, FK2:n mallin yhteyteen kirjoitettiin kysymys,

¹⁰⁷ Savolainen, 2018: <https://sketchfab.com/sjenna>

¹⁰⁸ Suomen Metallinetsijät ry.

¹⁰⁹ Vastaaajia 40 hlö.

¹¹⁰ Nyman, 2018: sähköpostikeskustelu, jossa läpikäytiin JK3:n tuottamaa keskustelua ja mielipiteitä.

jossa kehoitettiin mallia tarkastelevaa yleisöä ottamaan kantaa ”millaisena kyseinen malli koettaisiin, mikäli arkeologia esittäisi tutkimustaan ulospäin kolmiulotteisena maailmana”. Sama FK2:n malli sai aikaan keskustelua, jossa puhuttiin nyt enemmän tieteen tunnettavuudesta ja sen lähestymisen helppoudesta. Seuraavassa otteita vastauksista:¹¹¹

”Tosi hieno! Tämä varmasti vain helpottaa datan käsittelyä ja antaa realistisemman kuvan kaivausprosessista! Tosi mielenkiintoista!”¹¹²

Kysymykseen vastattiin myös itse tekniikan käytön näkökulmasta,

”Se on tekniikka, jota voi käyttää laajenemassa määrin edistämään tiedettä niin tieteen maailmassa kuin silloinkin jos halutaan popularisoida ja tuoda ihmisille helpommin nähtäväksi mitä oli ja miltä se näytti.”¹¹³

Vaikka moni näki keskustelun tarvetta kolmiulotteisen maailman tuomisessa nykyarkeologian yhteyteen, nähtiin malleissa niin ikään ongelmia. Yksittäisinä kommentteina olivat autenttisuus, vääristymät ja mahdollinen kuvamanipulaatio sekä digikuvien säilyminen verrattuna paperisiin. Suurimmaksi osoittautui kuitenkin eettinen näkökulma siihen, kuka kuvat ja kuvista tehdyt mallit omistavat ja kenellä on lupa julkaista ne. Tämä keskustelu herätti myös ajatuksen siitä, voitaisiinko malli julkaista niin kutsuttuna ”open resource” tiedostona, josta sitä voitaisiin vapaasti hyödyntää. Samalla tutkimusta voitaisiin saada laajemmin tietoisuuteen. Tämän kaltaista vapaata tutkimusaineistoa jakeaakin tällä hetkellä jo useat erilaiset arkeologiset julkaisut¹¹⁴ sekä edelleen rakentuva avoimen datan jakelualustaprojekti ARIADNE,¹¹⁵ joka on EU:n rahoittama moniosainen hanke. Sen päätehtävänä on tukea avointa tutkimusaineistoa ja sen käyttöä arkeologiassa. Vähimmäismäärä ja sen ohjeistus sopii siis myös laajemmalle yhteistyölle arkeologian kanssa. Esimerkiksi sotavainajien etsinnässä ja dokumentoinnissa pitkien välimatkojen sekä vaikeiden maastojen todellisuus karsii dokumentoinnin välineistöä.¹¹⁶ Samantapaista tilannetta voitaisiin ajatella kohtaavan esimerkiksi

¹¹¹ Malliin vastanneista vain kolme antoi luvan käyttää heidän nimeään. Malliin vastasi kymmenen henkilöä, kun katsonta kertoja oli kolmekymmentä.

¹¹² Najma Yusuf, 2018: kyselyyn vastannut lääkäri, Helsinki.

¹¹³ Aijaleena Kilpinen, 2018: kyselyyn vastannut kulttuurituottaja, Helsinki.

¹¹⁴ ks. esim. <https://openarchaeologydata.metajnl.com/about/>

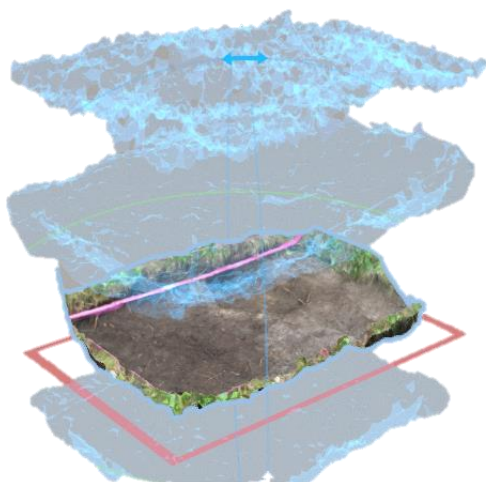
¹¹⁵ ks. <http://www.ariadne-infrastructure.eu/About>

¹¹⁶ Nyman, 2018: sähköpostikeskustelu, jossa läpikäytiin JK3:n tuottamaa keskustelua ja mielipiteitä.

inventoinnissa. Mikäli älypuhelimella voidaan tulevaisuudessa kuvata hypoteesin mukaisia kuvia, voimme luoda varsin kattavan pohjan tulevaisuuden tutkimukselle, jossa kuvista voidaan tarpeen tullen luoda malleja. Näin esimerkiksi maaston ja kohteen muuttumista voidaan vertailla keskenään kolmiulotteisessa maailmassa. Myös historian harrastajat ja esimerkiksi metallinetsijät voisivat hyödyntää vähimmäisvaatimusta ja tallentaa alueita, joilta löytöjä tehdään. Näin arkeologi saisi käyttöönsä löydön kontekstin luomalla kuvista alueen virtuaalisesti.

Älypuhelimien tarjoama laatu kuvauksessa ei suoraan korvaa järjestelmäkameraa, mutta sen käytön mahdollisuutta tulisi tarkastella uudestaan. Kuten tutkimuksessa käy ilmi, vain raakakuvana otettujen kuvien resoluutio on yli tuhatkertainen muihin nähden (Taulukko 2: RS4). Tämä viittaa siis siihen, että esimerkiksi iPhone 6s-sarjan 8:n megapikselin kamera on täysin käyttökelpoinen luomaan laadukasta kuvausjälkeä. Museoviraston ohjeistus ei ole vielä vuonna 2018 rajannut pikseli- tai kennomäärää vähimmäislaaduksi kuvaukseen ja näin ollen älypuhelimien kamerat voisivat toimia kuvauksen välineinä, mikäli mahdollisuutta muuhun ei olisi. Jos koko arkeologinen kaivausprosessi saataisiin rakennettua yhteen malliin, olisi kaivauksen yhteydessä mahdollista jopa ymmärtää paremmin kulttuurikerroksien muodostumista suhteessa tutkittavaan asiaan ja sen kerroksiin (Kuva 32). Se auttaisi muodostamaan kokonaiskuvan löytökonteksteista ja muista havainnoista myös heille, jotka eivät olleet itse kaivauspaikalla, kun kaivauksia suoritettiin.

Tällainen tasojen tarkastelu voisi olla hyödyllinen muun muassa hautakaivauksilla, jossa vainajan suhdetta ympäristöön (täyttömaa, hautaesineet tms.) ja hautaukseen itseensä voitaisiin tarkastella kerroksittain, ikään kuin rekonstruoimalla hautaustapahtuma. Tämänkaltaisen dokumentointi mahdollisesti säilyttäisi myös pintakerroksien muodot suhteessa vainajaan. Samalla tavalla esimerkiksi röykkiöiden vaiheittainen dokumentointi voisi tuoda uutta näkökulmaa tutkimukseen, kun sen ”jälleenrakentaminen” mahdollistuisi digitaalisessa muodossa.



Kuva 32. FK2:n krs 2. tarkastelu suhteessa muihin kerroksiin

Viimeisenä tärkeänä jatkokäytön mahdollisuutena vähimmäismäärän kuvat ja niistä mahdollisesti rekonstruoitavat mallit voivat säilyttää palan jotain sellaista, joka tuhoutuu täysin varoittamatta. Maailman tilanne muuttuu poliittisesti ja ilmastollisesti, eivätkä muinaismuistokohteet tai kaivausalueet ole siinä poikkeus. Esimerkiksi vuonna 2015 terroristijärjestö ISIS valtasi Syyriassa sijaitsevan Palmyran temppelin. 04.10.2015 terroristijärjestön raportoitiin tuhonneen rauniot dynamiitilla. Kun 08.10.2015 ensimmäiset kuvat kohteelta ilmestyivät, osa temppelistä oli edelleen jäljellä. Syyrian armeijan vallatessa alueen takaisin vuonna 2016, temppelistä oli jäljellä vain räjähdysjäänteet.¹¹⁷ Rekonstruktioprojekti ARCK-Project käynnisti laaja-alaisen hankkeen, jossa tarkoituksena oli kerätä mahdollisimman kattavaa aineistoa Palmyrasta ennen sen tuhoutumista. Tutkimusprojekti on edelleen käynnissä ja sen tarkoituksena on ennallistaa aluetta sekä tarkentaa kohteita vain valokuvia käyttämällä.¹¹⁸ Ensimmäiset kuvat rekonstruointiin saatiin juuri alueella otetuista kuvista, joiden lähettämisestä vastasivat niin tutkijat kuin alueella turistina käyneet. Nyt ARCK- projekti on laajentanut tallentamisen myös muihin laaja-alaisiin kohteisiin.¹¹⁹

5.3 TALLENTAMINEN, JULKAISU JA JULKAISUN ETIIKKA

Seuraavien vuosien arkeologinen tutkimusaineiston tallentamisen tematiikka joutuu mitä todennäköisemmin keskustelun alaisuuteen, sillä LiDar- aineistojen, erilaisten laserskannereiden sekä kolmiulotteisten mallien tuoma etu on jo huomattu suomalaisessa arkeologiassa. Tästä kertoo muun muassa monet erilaiset

¹¹⁷ UNESCO, 2016: <https://whc.unesco.org/en/news/1488/>

¹¹⁸ The Archives, 2018: <https://the-arkives.org/>

¹¹⁹ The Archives, Mission, 2018: <https://arck-project.org/mission/>

julkaisut kolmiulotteisesta tallentamisesta ja sen vertailusta kaksiulotteiseen tallennukseen.¹²⁰ Niin ikään viime vuosien kasvanut kiinnostus erilaisten uusien mallinnustekniikoiden kokeilussa arkeologisessa metodologiassa ja tutkimuksen dokumentoinnin uudistuksessa heijastaa murroskautta arkeologisen dokumentoinnin saralla.¹²¹ Tästä syystä on tärkeää punnita samalla julkaisemisen kanavia, tutkijan oikeuksia ja velvollisuuksia sekä julkaisun omistajuutta.

Tutkijalla on tekijänoikeus tekemiinsä malleihin ja tutkimukseen kaikissa tutkimuksen vaiheissa.¹²² Tilannetta muuttaa kuitenkin se, kenelle tutkimusta tehdään, millainen omistajuussuhde julkaistuun aineistoon on ja mikä on etukäteen sovittu julkaisun foorumi sekä kohdeyleisö. On hyvän tavan mukaista ilmoittaa alkuperäisten kuvien tai mallien tekijä, vaikka kuvia käytettäisiin tulevaisuudessa julkaisuissa. Tutkimuksen tekijällä on siis laillinen oikeus päättää, missä ja kuinka laajasti tutkimusta julkaistaan. Eettisestä näkökulmasta asia on kuitenkin monimutkaisempi. Voiko tutkija esimerkiksi päättää, ettei hän julkaise kaikkea tutkimustietoa, sillä toivoo sen säilyvän ”omana” aineistona? Tutkijalla on velvollisuus julkaista tutkimusaineisto todenmukaisena ja näin ollen niin kokonaisuutena kuin se sillä tutkimuksen julkaisuhetkellä on mahdollista.¹²³ Tämä herättääkin pohtimaan kuvien ja mallien julkaisua sekä vähimmäisvaatimuksen merkitystä.

Oletetaan esimerkiksi, että kohteelta saadaan vähimmäisvaatimuksen mukaisesti kolmekymmentä valokuvaa. Tutkimuksen yhteydessä tehdään malli, jota säilytetään tutkimusprojektin yhteydessä tietyillä tietokoneilla. Kun tutkimus on valmis ja se siirtyy arkistoitavaksi, onko tutkimusryhmän velvollisuutena etsiä myös sellainen tallennusalue, joka tukee OBJ- tiedostoja? Tästä näkökulmasta tutkijan ensisijainen vastuu voisi olla tallettaa kaikki vähimmäismäärän kuvat raportin liitteeksi, josta ne voidaan tulevaisuudessa ladata uudestaan erilaisiin kolmiulotteisiin malleihin luoviin ohjelmistoihin.

¹²⁰ ks. esim. Oikarinen, 2015, Seitsonen, 2018, Uotila, 2017.

¹²¹ ks. esim. Debenjak, 2015, Haapakangas, 2017, Roiha, 2018.

¹²² Finlex, 2018: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1961/19610404>

¹²³ Clarkeburn & Mustajoki, 2007: 113.

Toinen mahdollisuus olisi luoda kolmiulotteisia malleja, joita voidaan jo olemassa olevilta alustoilta ladata tutkimuksen tarpeisiin (kuvien tallennuksen lisäksi). Tämä tarkoittaisi käytännössä sellaista Museoviraston hyväksymää alustaa, josta malleja voitaisiin ladata. Ongelmia määrittämisessä ovat esimerkiksi yksityisten yritysten ylläpitämät alustat, kustannukset ja ylläpito sekä alustojen pysyvyys. Tallennusalustan lisäksi tulisi määrittää, millainen tekijänoikeus mallilla tämänkaltaisessa tilanteessa olisi, sillä malli on jo jonkun henkilön tekemä mutta käytännössä kaivausten raportin luovuttamisen jälkeen Museoviraston omaisuutta. Voitaisiinko silloin mallista pyytää rahaa ja mikäli voitaisiin, kenelle rahallinen korvaus kuuluisi.

Rajanveto tulisi tehdä myös siinä, onko suomalainen arkeologinen tutkimusaineisto vapaasti ladattavaa tutkimusaineistoa, tutkimusaineistoa, joka on ladattavissa maksua vastaan vai täysin suljettua ja luvanvaraista. Tässäkin tilanteessa tulisi miettiä eettistä näkökulmaa jokaisen tutkijan ja asianomaisen oikeuksista kulttuuriperintöön ja tutkimukseen, mutta myös oikeudellista näkökulmaa siitä, kenelle lopulta aineistot kuuluvat ja millaisella laajuudella aineistoa jaetaan. Voidaanko esimerkiksi JK3:n mallin jakaminen sulkea ainoastaan arkeologiseen käyttöön vain koska se on osa Helsingin yliopiston arkeologista pro gradu -työtä sen sijaan, että se palvelee tällä hetkellä kahta tai useampaa eri tutkimusta tekevää tahoa?¹²⁴ Entä millainen oikeus vainajalla on suhteessa tehtävään tutkimukseen ja koulutukseen?

Julkaisun etiikassa tulisi punnita, millaisia arvoja yhteiskunta heijastaa tutkimukseen¹²⁵ ja siihen, mikä on hyväksyttävää. Voimmeko esimerkiksi julkaista sellaisia kuvia, joista tulevaisuudessa voidaan rekonstruoida vaikkapa henkilöllisyys (esim. forensinen kasvojenmallinnus) tai sellainen kaivausalue, jonka tiedetään aiheuttavan joidenkin henkilöiden traumojen uudelleen nousemista tai mielipahaa.¹²⁶ Tieteenalan tuleekin keskustella vähimmäisvaatimuksen kuvien julkaisun yhteydessä siitä, kenelle tutkimusmateriaali oikeastaan kuuluu ja kuka tieteellisen arvon määrittää.

¹²⁴ ks. sivu 44.

¹²⁵ Clarkeburn & Mustajoki, 2007: 73.

¹²⁶ Clarkeburn & Mustajoki, 2007: 72-73.

Arkistojen vääjäämätön tallennustilan vähentyminen muodostaa jatkotutkimukselle kysymyksen siitä, millaisille alustoille dokumentoinnin arkistointi tulisi tehdä ja millainen tulevaisuuden dokumentoinnin julkaisukanava on laajimmin palveleva. Esimerkiksi vapaasti ladattavia tutkimusaineistoja säilyttävät, verkossa toimivat alustat ovat nousseet erääksi mahdollisuudeksi. Tämän hetkisiä alustoja ovat esimerkiksi IDEARQ,¹²⁷ ja Open Context.¹²⁸ Jokainen sivusto on keskittynyt tietynlaisen arkeologisen aineiston säilyttämiseen ja julkaisemiseen, mutta ne toimivat vapaan jakelun periaatteella. Mikään dokumentoinnin tallennusformaatti ei ole ikuinen, mutta on selvää, ettei digitalisaatio katoa. Arkeologiassa opiskelija törmää usein sellaiseen lentävään lauseeseen, jossa paperisen version uskotaan kestävän aikaa paremmin kuin mikään muu tallennusformaatti. Paperi ja muu fyysinen tallennus on kuitenkin aina vaarassa tuhoutua, sillä ympäristössä tapahtuvat äkkinäiset muutokset (kuumuus, kylmyys ja kosteus) saattavat hiljalleen tuhota ja vääristää aineistoja.

5.4 POHDINTAA

Onnistuessaan vähimmäismääre olisi aikaa säästävä metodi. Jokaisen kerroksen kohdalla voitaisiin jo etukäteen suunnitella, mistä / minkä (kerroksen, profiilin, esineen jne.) kohdalla kuvat tulisi ottaa ja kaivaminen lopettaa. Mahdollisuus merkitä kiinnostavat havainnot, näytteidenottokohdat ja löydöt jälkikäteen alueelle laajentaa kokonaiskuvan hahmottumista. Tämä voi tuoda arkeologialle kiinnostavia uusia havaintoja. Olisikin kiinnostavaa nähdä, millaisen rekonstruktion esimerkiksi hautakaivauksesta saisi, kun sen asettaisi kerros kerrokselta mallintarkastelu ohjelmaan.

Hypoteesin mukaan otetut kuvat ja niistä luodut mallit voivat sopia siis moneen erilaiseen arkeologiseen dokumentointiin ja parhaimmillaan laadukkaat kuvat voivat jopa korvata joitakin vanhoja menetelmiä nopeuttamalla ja yhdistämällä dokumentoinnin samalle metodille. Tämä tarkoittaisi myös entistä enemmän panostamista kuvaamiseen ja kuvauksen laatuun sekä resoluutioon. Kustannustehokkaampi ja aikaa säästävämpi metodi voisi vähentää esimerkiksi

¹²⁷ Idearq platform: http://www.ideaqueologia.org/visualizador_idearq/?ln=en

¹²⁸ Open Context: <https://opencontext.org/about/>

mahdollista kaivausalueiden dokumentoinnin tahallista ja tahatonta arvottamista sekä mahdollista kuvien epätasaisuutta,¹²⁹ mikäli dokumentoinnin vähimmäisvaatimus vakiintuisi. Näin jokainen kohde voisi ideaalitilanteessa säilyä virtuaalisena (mahdollisesti löytöaineistoinen) tulevaisuuden tutkijoille sellaisena, kun se kaivaushetkellä oli. Arkeologiassa tulisi niin ikään pohtia ja punnita sitä, kuinka tarkkaa dokumentaatiota dokumentoinnissa lopulta tarvittaisiin, jotta voidaan sanoa dokumentoinnin todella sisältävän kaiken oleellisen rekonstruointiin. Onko esimerkiksi tällainen vähimmäismäärä yhdistettynä kaivauspäiväkirjaan, maaperänäytteisiin ja esinelöytöihin tarpeeksi tarkka, vai tulisiko meidän mahdollisesti nähdä nämä kaikki jo suoraan valokuvadokumentaatiosta? Uotila¹³⁰ nostaa esiin kirjoituksessaan sen, pitäisikö arkeologian kenttädokumentoinnin ylittää laatuohjeet vai voimmeko dokumentoida vain välttämättömän. Jos dokumentoimme vain välttämättömän, turvaammeko me silloin tulevaisuuden tutkijoille sen saman mahdollisuuden ja oikeuden tutkimukselle kuin se meillä oli? Voimmeko esimerkiksi edelleen perustella käsin piirretyn ja sittemmin käsin digitoidun dokumentoinnin (esim. kartat) olevan tarkka ja toistettava dokumentoinnin menetelmä, vaikka tarkempiakin menetelmiä on kaikkien saatavilla. Millä perusteella teemme päätöksen siitä, mikä on riittävä ja mihin tulisi pyrkiä.

Kokonaisuudessaan tutkimus osoitti, että vähimmäismäärä on löydettävissä, mutta se on suhteellinen ja näin ollen vaihtelee kohteen muodon, korkeuden sekä alueen pinta-alan vaikutuksesta. Jokainen kaivausalue on yksilöllinen ja sisältää kohteelle ominaisia piirteitä. Tämän lisäksi jokainen kaivaja sekä tutkija on erilainen. Kaivauskokemus- ja tottumukset vaikuttavat väistämättä siihen, kuinka sujuvasti dokumentointi ja ilmiöiden havainnointi tapahtuu. On selvää, että vasta opintojensa alkuvaiheessa opiskelija näkee arkeologisia havaintoja kaikkialla ennen kuin silmä harjaantuu erottamaan luonnonilmiöt ihmisen kädenjäljestä. Toisaalta, vuosia samantyyppisiä kaivauksia tehnyt saattaa pitää itsestään selvänä joitain sellaisia

¹²⁹ Löytörikkaampi= innostutaan kuvaamaan/ei löytöjä= vähemmän kuvia.

¹³⁰ Uotila 3/2017.

ilmiöitä, joihin on itse tottunut, mutta joiden taltioiminen voisi tuoda lisäarvoa kohteelle.¹³¹

Digitalisoituminen vaatii tieteentekijöiltä, tässä tapauksessa arkeologeilta, jatkuvaa valppautta ja halua oppia. Uusien menetelmien peruselementtien oppiminen pitäisikin kuulua jo opintoihin, jolloin pohja oppimisille luotaisiin. Kun jokainen opiskelija oppisi kuvaamaan vaikkapa vähimmäismäärän mukaisesti ja luomaan niistä kuvista tarvittavia malleja, ei jatkuvan kehityksen mukana kehittyminen ja uuden oppiminen olisi niin hankalaa. Arkeologilla on opintojensa jälkeen velvollisuus tutkijana päivittää taitojaan, mutta on selvää, ettei kaikkien metodien oppimiselle ole aikaa. Sekään ei tosin saisi olla syy teknologian kehityksen unohtamiselle, sillä monet erilaiset yritykset tarjoavat esimerkiksi fotogrammetrisia vuokralaitteita ja asiantuntijoita. Laitteistojen käyttö helpottuu jatkuvasti, sillä laitteistoja vuokraa useammat yritykset, eikä jokaisen projektin tarvitse ostaa laitteistoja omakseen. Tekniikka on mahdollistanut myös erilaiset uudet kuvia hyödyntävät teknologiat, kuten virtuaalisen todellisuuden luomisen arkeologisista kohteista, 360° kuvakulman sekä tietokoneelle suoraan muodostuvat kohteet laserskannauksella. Näiden käyttöä kaivausraporteissa ei kuitenkaan vielä syksyllä 2018 ollut laajalti havaittavissa.

Tutkimuksessa on kuitenkin edelleen paljon sellaista, joka tarvitsisi lisää syventymistä ja jatkotutkimusta. Millaisella kuvausasetuksella voitaisiin taata, ettei malliin ilmestyisi reikiä polygonien puuttumisen takia? Entä millaisilla asetuksilla ja ohjelmilla saisimme kuvien liikkuvat objektit, kuten varjot ja kaivausvälineet, poistettua mallia vahingoittamatta. Myös esimerkiksi kuvien tarkkuusvaatimus ja valon sekä varjon (esimerkiksi puiden) mahdollinen eliminointi niin, ettei itse malli kärsi tai vääristy.

¹³¹ Työterveyslaitos, 2016: 1–10.

6. JOHTOPÄÄTELMÄT

Työ aloitettiin luomalla hypoteesi vähimmäismäärästä. Määrälle luotiin aluksi hypoteesi niin alueellisesti, kuvauskulmallisesti kuin kuvanottokorkeudellisestikin. Valokuvahypoteesi perustui pitkälti mallinnusohjelma Zephyrin luomiin ohjeisiin¹³² laadukkaiden mallien luomisesta valokuvien perusteella. Tämän jälkeen keräsin kenttäaineistoa hypoteesin mukaisesti neljältä erilaiselta kohteelta. Kohteista luuranko (LH1) ja forensinen koe (FK2) olivat lavastettuja, kun taas kohteet joukkohauta Kannakselta (JK3) sekä Messängenin kiviröykkiö (RS4) perustuivat todellisiin kohteisiin. Kuvat siirrettiin 3DF Zephyriin, jossa mallien muodostumista ja soveltumista arkeologiseen käyttöön testattiin. Lopuksi aineistot ladattiin Sketchfab-julkaisualustalle. JK3:n ja FK2:n mallien yhteydessä kerättiin vapaamuotoista mielipidekyselyä, jonka avulla kartoitettiin kolmiulotteisen esittämisen herättämiä ajatuksia. Tämän lisäksi kohteen JK3 tulokset luovutettiin sotavainajien etsintäryhmien opetus- ja luennointiin käyttöön.

Tutkimustulokset osoittavat, että kaivausdokumentointiin on mahdollista luoda karkeasti määritelty vähimmäiskuvausvaatimus, jonka avulla voidaan turvata alueen rekonstruointi, luoda siis kaivausalue kirjaimellisesti uudelleen. Vähimmäismäärä takaa kuvien jatkokäytön sekä kohteen hahmottamisen. Valokuvapohjainen dokumentoinnin vähimmäismääre voidaan kohdentaa ensisijaisesti ennen kaikkea pienille ja keskikokoisille kaivauksille, joiden tutkimuslaitteistoon eivät kuulu laserskannauslaitteistot tai muut vastaavat laitteet.

Tämän tutkimuksen valossa on siis hyvä jatkaa keskustelua siitä, tulisiko myös arkeologian tulevaisuuden dokumentoinnin sisältää vähimmäismääre, jotta kaikki tutkimusaineisto otettaisiin samalla metodilla talteen.

¹³² 3DF Zephyr, 2017: https://www.youtube.com/watch?v=E06kgYBftak&list=PLozpbgzA_IJ23FOG1L3yHQINeqmEe0-wC&index=2

LÄHDELUETTELO

Painamattomat lähteet

Haapakangas, P. 2016: *Vanhoiden kaivausvalokuvien uudelleenhyödyntäminen arkeologiassa – 3D-mallit ja niiden analyysi*: 28–29, 49. Pro gradu- työ, Oulun yliopisto.

Järveläinen, R. 2016: *3D-mallin hyödyntäminen arkeologisessa tutkimuksessa*. Opinnäytetyö, Lahden ammattikorkeakoulu.

Kilpinen, A. 2018: sähköpostikeskustelu koskien FK2: n ja JK3: n tuottamia mielikuvia ja arkeologisen tulosten esittämisen kehittämistä.

Kjellman, E. 2012: *From 2D to 3D – A photogrammetric revolution in archaeology?*: 4–5 Master's Thesis in Archaeology, university of Tromsø.

Kontturi, H. 2016: *3D-mallinnuksen ja tietomallinnuksen hyödyntäminen rakennusallalla*: 13– 14. Opinnäytetyö, Seinäjoen ammattikorkeakoulu.

Körding, K. Beierholm, U. Ma, J. Quartz, S. Tenenbaum, J. & Sham, L. 2007: Causal Inference in Multisensory Perception, *PLOS ONE*: 1-2. Issue 9.

Mubarak, N. 2018: sähköpostikeskustelu koskien FK2: n tuottamia mielikuvia ja arkeologisen tulosten esittämisen kehittämistä.

Nyman, Lasse. 2018: sähköpostikeskustelu koskien JK3: n vastaanottoa sotavainajien etsintäryhmien piirissä sekä millaisena mallintaminen koettaisiin sotavainajien etsinnässä.

Roiha, J. 2018: *Arkeologisten kenttätöiden dokumentointi – kuvaluokittelumenetelmien testaus ja pohdintaa tulevaisuuden dokumentointimenetelmistä*: 8–11, 84–85. Pro gradu- työ, Helsingin yliopisto.

Orilahti, E. 2010: *Dokumentoinnin ohjeistus ja arkistointi*: 7–9. Opinnäytetyö, Tampereen ammattikorkeakoulu.

Savolainen, J. 2017: *Konfliktiarkeologia osana humanitaarista työtä– Ilomantsin sotavainajan ylös nosto konfliktiarkeologian menetelmin ja tutkimus yhteistyössä metallinilmaisinharrastajien kanssa*. Proseminarityö, Helsingin yliopisto.

Seitsonen, Oula 2017: Sakari Pälsi. *Encyclopedia of Global Archaeology*. Springer.

Mullen, L. 1998: *Truth in Photography: Perception, Myth and Reality in The Postmodern World*: 15-20. University of Florida

Painetut lähteet

Biehl P. & Gramsch A. Book Marks – Who owns the past? *European Journal of Archaeology* Vol 6. s. 197-199. London: Sage Publications.

Clarkeburn, H. & Mustajoki, A. *Tutkijan arkipäivän etiikka*: 62–63, 72–73 & 113. Tampere: Vastapaino.

Debenjak, A. 2015: 3D-mallintaminen osana arkeologista arkea? Digitaalisen fotogrammetrian käyttö arkeologisessa dokumentoinnissa ja tutkimuksessa. *Muinaistutkija* 1/2015: 24-34. Vaasa: Suomen Arkeologinen seura.

Dorrell, G. 1989: Photography in Archaeology and Conservation. *Cambridge Manuals in Archaeology*:1–3. UK: Cambridge University Press.

Knapas, R. 1973: Fotogrammetria. Purhonen, P. & Söyri, L. (toim.) *Arkeologin kenttätö*: 84–94. Helsinki: Gaudeamus.

Luhmann T. Robson S. & Boehm J. 2014. *Close-Range Photogrammetry and 3D Imaging*: 2–4, 30–34 & 292–394 Berlin, Hubert & Co.

Lehto, H. & Uotila, K. 2017: Laserkeilaus dokumentointitapana hautakaivauksilla – Esimerkki Rauman rauniokirkolta vuodelta 2016, *Muinaistutkija* 3/2017: 9–10. Vaasa: Suomen Arkeologinen seura.

Nykänen, P. & Hölttä, M. 1992: *Arkeologin valokuvausopas*. Helsinki: Helsinki Papers in Archaeology no. 4.

Oikarinen, T. 2015: *Arkeologia digitaalisen aikakauden kynnyksellä*. Tampere: Juvenes Print.

Purhonen, P. 1973: Esihistoriallisten aivausten dokumentointi. Purhonen, P. & Söyri, L. (toim.) *Arkeologin kenttätö*: 103–104 Helsinki: Gaudeamus.

Rankama T. 2008: arkeologinen kaivaus. Halinen P. Immonen V. Lavento M. Mikkola T. Siiriäinen A. Uino P. (toim.), *Johdatus arkeologiaan*: 206. 2. painos. Helsinki: Gaudeamus.

Reilly, P. 1990. Towards a virtual archaeology, *CAA Conference paper*. IBM UK: Scientific Center.

Salminen, A. 2000: Methodology for document analysis. A. Kent (Toim.), *Encyclopedia of Library and Information Science*, Vol. 67: 299-320. New York: Marcel Dekker, 2000.

Seitsonen, O. 2018: Lappeerannan Huhtiniemi ja fotogrammetrian dokumentointi: Ten Years After. *Muinaistutkija* 1/2018: 55-62. Vaasa: Suomen Arkeologinen seura.

Seppänen, L. T. 2008: arkeologinen kaivaus. Halinen P. Immonen V. Lavento M. Mikkola T. Siiriäinen A. Uino P. (toim.), *Johdatus arkeologiaan*: 219-222. 2. painos. Helsinki: Gaudeamus.

Shafer, H. 2009: Archaeological Field Photography. Hester, R. Feder, K. & Shafer, H. (toim.) *Field methods in archaeology*: 159–160. 7. painos. USA: Left Coast Print.

Siart C. Forbriger M. & Bubenzer O. 2017: Digital Geoarchaeology: New Techniques for Interdisciplinary Human-Environmental Research, *Natural Science in Archaeology*. Springer Publication.

Taavitsainen, J. 2008: Oppihistoria. Halinen P. Immonen, V. Lavento, M. Mikkola T. Siiriäinen, A. Uino, P. (toim.), *Johdatus arkeologiaan*: 206. 2. painos. Helsinki: Gaudeamus.

Takala, H. 1998: *Arkeologian maastotöiden perusteet*:152–154 & 163–168. Yliopistopaino, Helsinki.

Watson, P., 2008. Processualism and After. Bentley, R., Maschner, G. & Chippindale, C. (toim.) *Handbook of Archaeological Theories*: 30-38. USA: Altmira press.

Sanomalehdet

Tapola, P. & Karjalainen, M. 2013: Kenraali ja marsalkka - molemminpuolista epäluuloa, *Suomen Sotaveteraaniliitto* s. 49. No. 6/2013

Verkkojulkaisut

Aboa Vetus & Ars Nova, 2016: <https://www.aboavetusarsnova.fi/fi/uutiset/seitseman-aikakerrosta-turun-historiaa-konsulinnan-alta> (luettu 11.11.2018)

Ariadne, 2018: <http://www.ariadne-infrastructure.eu/> (luettu 11.11.2018)

3D- Builder, *Microsoft 3D-Builder manual* <https://developer.microsoft.com/fi-fi/windows/hardware/3d-print/3d-builder-users-guide> (luettu 21.12.2018).

3DF Zephyr, 2013: *3DF Flow 3D Zephyr user manual. Version 4.3*: <http://3dflow.net/zephyr-doc/3DF%20Zephyr%20Manual%204.300%20English.pdf> (luettu 20.11.2018)

3DF Zephyr, 2017: *Photography for Photogrammetry (video)*.
https://www.youtube.com/watch?v=E06kgYBftak&list=PLozpbgzA_IJ23FOG1L3yHQINeqmEe0-wC&index=2 (katsottu 29.12.2018)

Canon EOS 2000D tekniset tiedot, *Canon Suomi*: <https://www.canon.fi/cameras/eos-2000d/specifications/> (luettu 10.10.2018).

Finlex, 2018: *Tekijänoikeus 8.7.1961/404* <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1961/19610404> (luettu 21.12.2018).

Idearq platform, 2018: *Basemap* http://www.idearqueologia.org/visualizador_idearq/?ln=en (luettu 21.12.2018)

iPhone 6 tekniset tiedot, *Apple*:
https://support.apple.com/kb/SP705?locale=fi_FI&viewlocale=fi_FI (luettu 10.10.2018).

Kivistö, S. 2017: *Sipoo. Manneralueen esihistoriallisen ajan ja saariston esihistoriallisen sekä historiallisen ajan muinaisjäännösten inventoinnit*.
https://www.kyppi.fi/palveluikkuna/mjhanke/read/asp/hae_liite.aspx?id=10990&ttyyppi=pdf&kansio_id=753 (luettu 10.12.2018).

Koskela, H. 2018: *Santahaminan vaiettu joukkohauta: maassa lepää 1300 nälkään, tauteihin tai teloitettuna kuollutta suomalaista*.
<https://www.apu.fi/artikkelit/santahaminan-vaiettu-joukkohauta-maassa-lepaa-1300-nalkaan-tauteihin-tai-teloitettuna-kuollutta-suomalaista> (luettu 21.12.2018)

Museovirasto 2016: *Suomen arkeologisten kenttätöiden laatuohje*.
<https://www.museovirasto.fi/uploads/Meista/Julkaisut/laatuohje-2016.pdf> (luettu 21.12.2018)

- Nikon D300s- järjestelmäkameran tekniset tiedot, *Nikon Suomi*:
https://www.nikon.fi/fi_FI/product/discontinued/digital-cameras/2016/d300s (luettu 10.10.2018).
- Paakkanen, M. 2018. *Joukkohauta kaivetaan auki Vierumäellä ja sisällissodan punavainajat siirretään teollisuusalueelta kirkkomaalle* <https://www.hs.fi/kotimaa/art-2000005913697.html> (luettu 21.12.2018)
- Open Context, 2018: *About us* <https://opencontext.org/about/> (luettu 21.12.2018)
- Pletinckx, 2017: <https://enameabbey.wordpress.com/2014/06/09/virtual-reconstruction> (luettu 12.12.2018)
- Remondino, F. & Rizzi, A. 2010: *Reality-based 3D documentation of natural and cultural heritage sites—techniques, problems, and examples*.
https://www.researchgate.net/publication/226300640_Realitybased_3D_documentation_of_natural_and_cultural_heritage_sites-techniques_problems_and_examples
 (luettu 20.11.2018).
- Sketchfab, *About Sketchfab*: <https://sketchfab.com/about> (luettu 30.12.2018)
- Triggs, B. Mclauchlan, P. Hartley, R. Fitzgibbon, A. 2010. *Bundle Adjustment – A Modern Synthesis*. <https://hal.inria.fr/inria-00548290/document> (luettu 10.09.2018).
- Työterveyslaitos 2016: *Fokus kateissa, aika palasina? – ajanhallinnasta asiantuntijatyössä*
<https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/12/ajanhallinta-asiantuntijatyo.pdf> (luettu 29.12.2018)
- UNESCO, 2016: <https://whc.unesco.org/en/news/1488/> (luettu 12.12.2018).
- Valokuvataiteenmuseumo, 2017: *Suomalaisten valokuvien ajoituksen perusteita*
<https://www.valokuvataiteenmuseumo.fi/sites/default/files/inline-attachments/2017-01/ajoitustaulukko.pdf> (luettu 12.12.2018).
- YLE Artikkeliarkisto 2009. 23.12.1939: *Kannaksen vastahyökkäys tyrehtyy alkuunsa*.
<https://yle.fi/uutiset/3-6046715> (luettu 20.10.2018).

KARTTALUETTELO

Kartta 1: Kaivauskartta, Hattuvaara.....	s.20
Kartta 2: Tasokartta, Ermala, T.	s.48
Kartta 3: Tasokartta, Savolainen, J.	s.48
Kartta 4: Digitoitu tasokartta, Savolainen, J.	s.48

KUVALUETTELO

Kuva 1: Kaivausalue, vainaja.....	s.20
Kuva 2: Havainnekuva, stereokuva yhdestä suunnasta.....	s.20
Kuva 3: Havainnekuva, stereokuva monesta suunnasta.....	s.20
Kuva 4: Yksinkertaistus pikselien yhteensopivuudesta.....	s.21
Kuva 5: Kolmen pisteen taktiikka	s.21
Kuva 6: Kuvauskohteiden asettelu- hypoteesi.....	s.22
Kuva 7: Kuvauskohteiden asettelu- hypoteesi.....	s.22
Kuva 8: Kuvauskohteiden asettelu- hypoteesi, epäsymmetrinen alue.....	s.23
Kuva 9: Epäonnistunut niskanikama.....	s.24
Kuva 10: Ehdotetut kuvakulmat.....	s.24
Kuva 11: Esimerkki harvapistepilvestä.....	s.32
Kuva 12: Esimerkki tiheäpistepilvestä.....	s.32
Kuva 13: Esimerkki pinnanmuodoista ilman tekstuuria.....	s.33
Kuva 14: Kuvauspäivä, Helsingin yliopisto.....	s.34
Kuva 15: LH1 harvapistepilvi.....	s.34
Kuva 16: LH1 tiheäpistepilvi.....	s.34
Kuva 17: LH1 kallo takaa ja reikä.....	s.35
Kuva 18: FK2 pintakerros/ruoho.....	s.36
Kuva 19: FK2 pistepilvi krs 1.....	s.37
Kuva 20: FK2 pistepilvi krs 2.....	s.38
Kuva 21: FK2 krs 1. mesh.....	s.38
Kuva 22: Hauta ennen kuvanmuokkauksen.....	s.39
Kuva 23: Hauta jälkeen kuvanmuokkauksen.....	s.39
Kuva 24: Pinnanmuoto, polygoni JK3.....	s.40
Kuva 25: Pinnanmuoto, polygoni RS4.....	s.41
Kuva 26: RS4 ennen muokkausta.....	s.42
Kuva 27: RS4 jälkeen muokkauksen.....	s.42
Kuva 28: FK2 pintakerros, lähtötaso.....	s.44
Kuva 29: FK2 heinikko.....	s.44
Kuva 30: FK2 seuraava kerros, 1 krs.	s.44
Kuva 31: FK2 krs 2. ilmiö.	s.44
Kuva 32: FK2 krs 2. kerrokset.	s.53

LIITTEET

LIITE 1: LUURANKO (LH1), HELSINKI

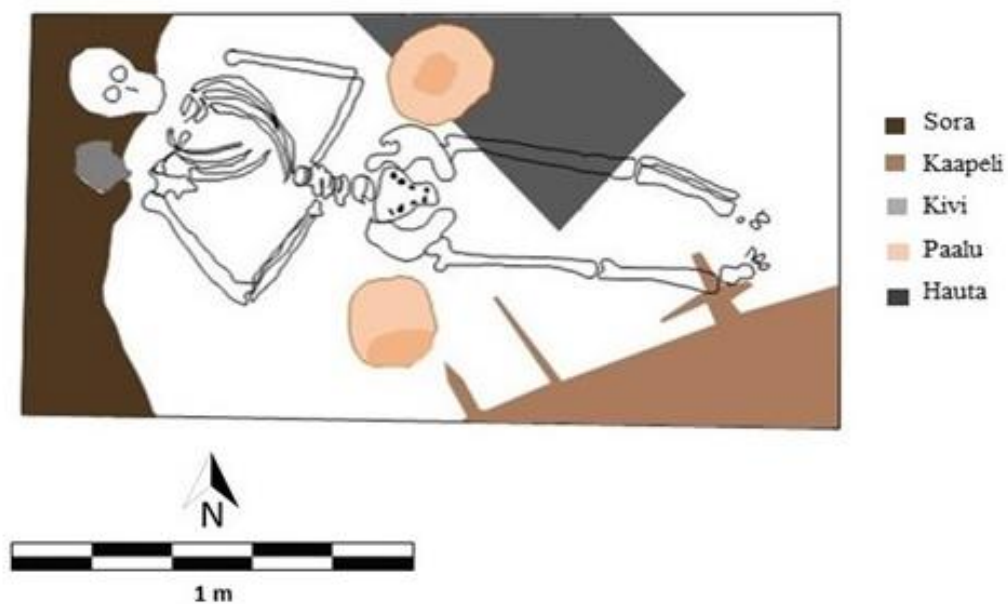
Kohteen kolmiulotteisen mallin säilytysosoite:

<https://sketchfab.com/models/e22545402c5043f8b9b7deb233f87d2c>

Kaksiulotteiset kuvat, joita tavallisesti kenttädokumentoinnissa voidaan käyttää.



Kuva 36: pinnan muoto, yleiskuva.



Kuva 37: pinnan muoto, yleiskuva.

Kolmiulotteiset mallit kaksiulotteisena kuvana.



Kolmiulotteinen malli, lähikuva.



Kolmiulotteinen malli, lähikuva.



Kolmiulotteinen malli, lähikuva.

LIITE 2: FORENSINEN KOE (FK2), NUMMI-PUSULA

Kohteen kolmiulotteisen mallin säilytysosoite:

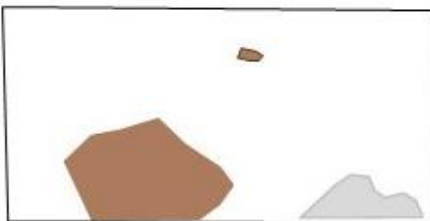
<https://sketchfab.com/sjenna/collections/archaeological-documentation>

Kaksiulotteiset kuvat, joita tavallisesti kenttädokumentoinnissa voidaan käyttää.

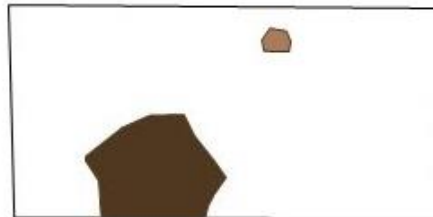


Kolmen kerroksen yleiskuvat.

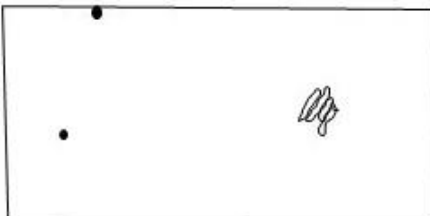
Kerros 2 Taso 1



Kerros 3 Taso 2



Kerros 4 Taso 3



1 m

- Muurahaispesä
- Pohjamaa
- Hiekka
- Multa
- ∩ Luu
- Hiili

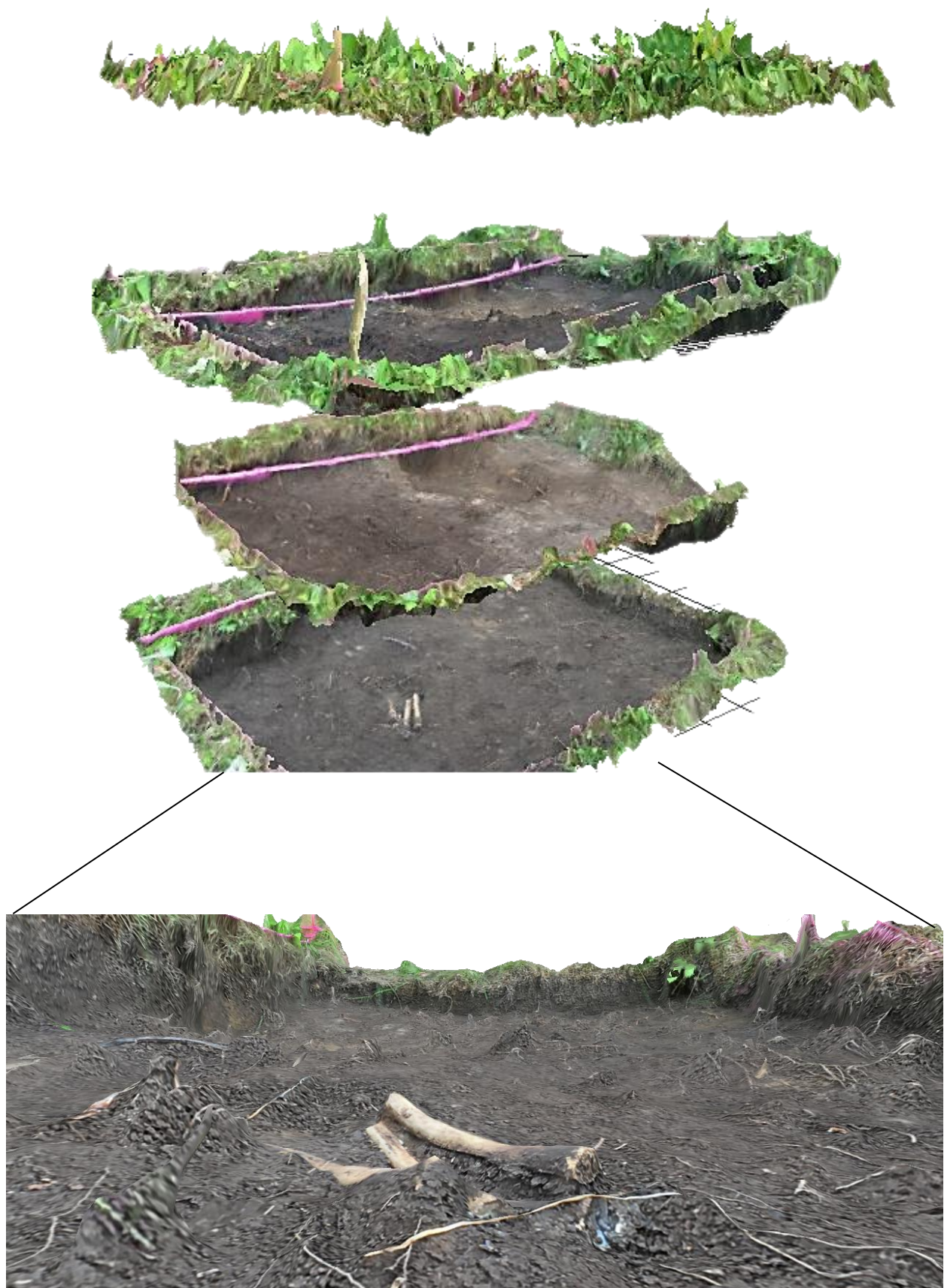
Kolmiulotteiset mallit kaksiulotteisena kuvana.



Kolmiulotteinen yleiskuva.



Kolmiulotteinen yleiskuva, jossa luita.



Kerrosdokumentointi kolmiulotteisessa muodossa ja lähikuva. Kerros neljä.

LIITE 3: JOUKKOHAUTA (JK3), KARJALAN KANNAS

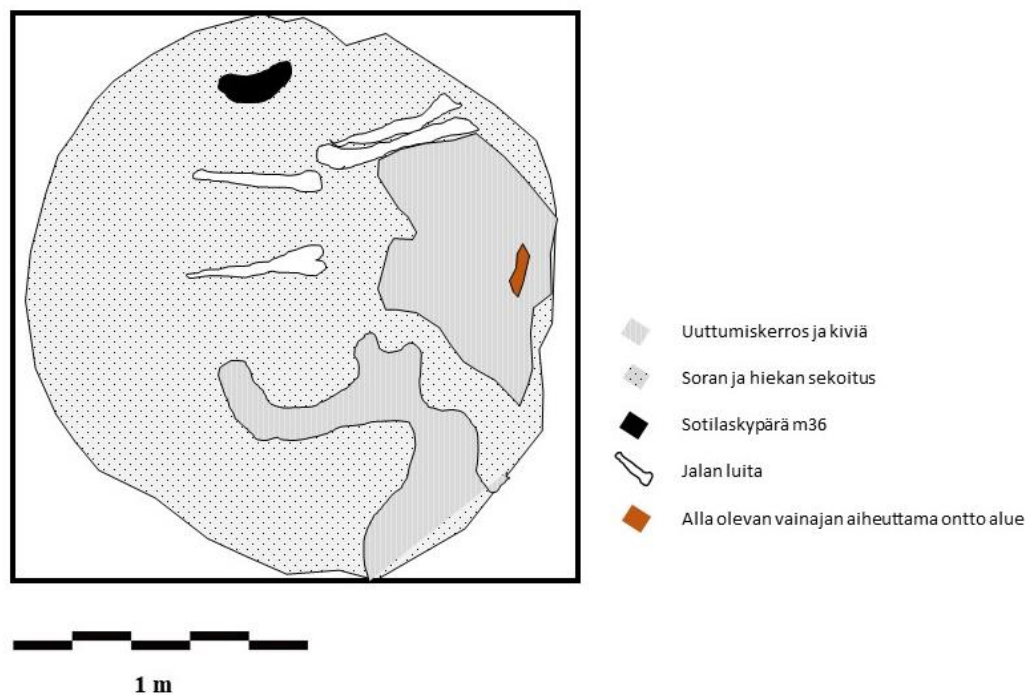
Kohteen kolmiulotteisen mallin säilytysosoite:

<https://sketchfab.com/models/f4d09b3e27ee45fdb954ae563a2b143d>

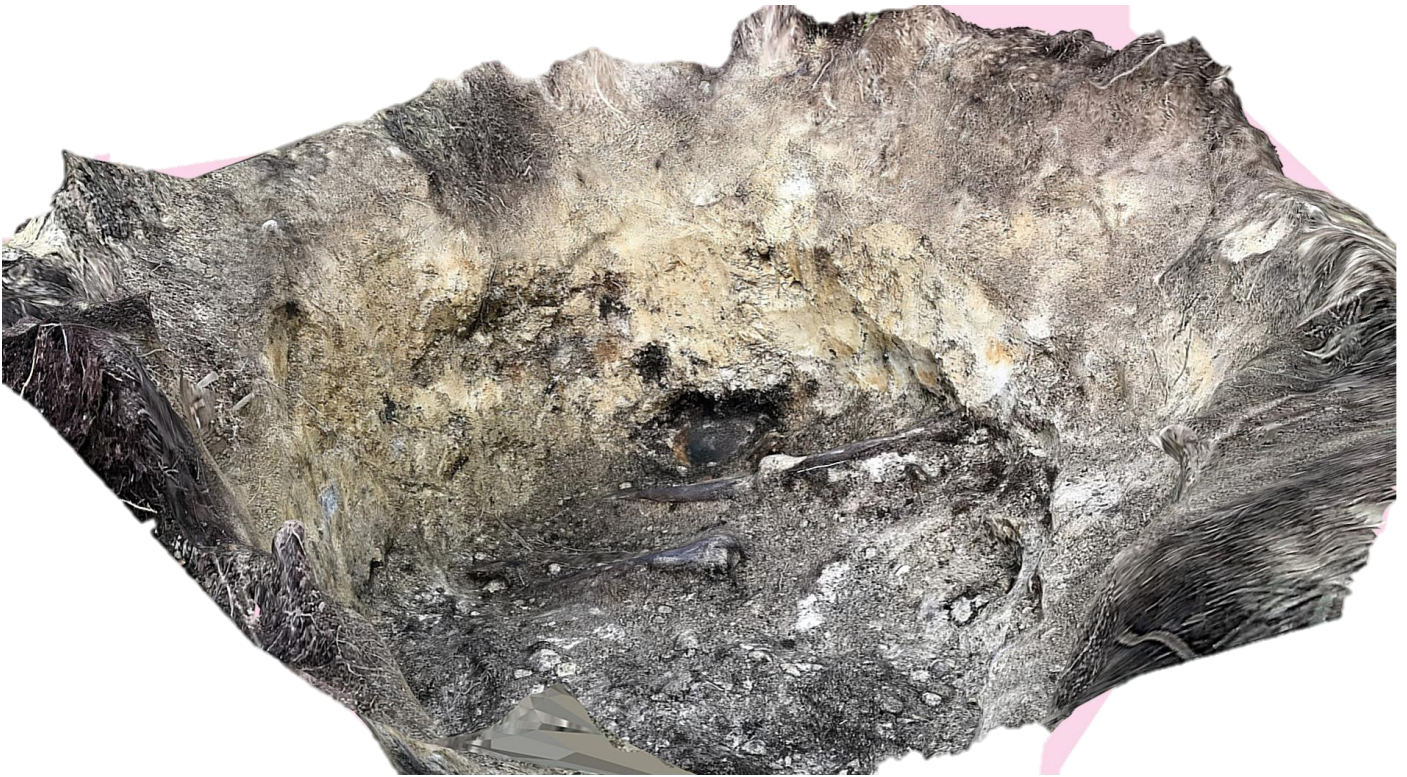
Kaksiulotteiset kuvat, joita tavallisesti kenttädokumentoinnissa voidaan käyttää.



Joukkohauta, yleiskuva.



Kolmiulotteiset mallit kaksiulotteisena kuvana.



Kolmiulotteinen malli, joukkohauta.



Kolmiulotteinen malli, joukkohauta.



Kolmiulotteinen malli, joukkohauta läheltä.



Kolmiulotteinen malli, joukkohauta läheltä.

LIITE 4: RÖYKKIÖHAUTA [753010010] (RS4), SIPOO

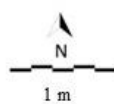
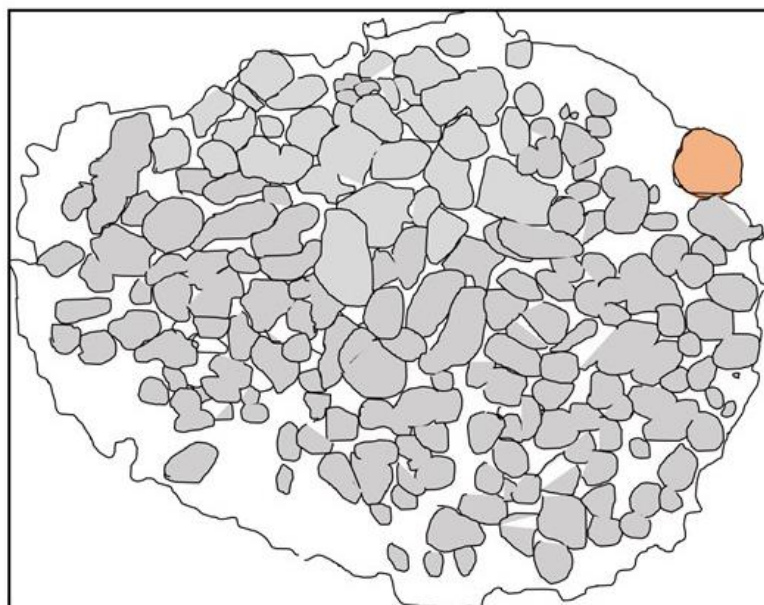
Kohteen kolmiulotteisen mallin säilytysosoite:

<https://sketchfab.com/models/d8aff119353948a3ad6334a66824e2b7>

Kaksiulotteiset kuvat, joita tavallisesti kenttädokumentoinnissa voidaan käyttää.



Yleiskuva alueesta.



- Kivi
- Puunrunko
- ~ Röykkiön reunustava sammal-kallion raja

Kolmiulotteiset mallit kaksiulotteisena kuvana.



Kolmiulotteinen malli, jossa kivien muodostamat yksityiskohdat.



Kolmiulotteinen malli, jossa kivien muodostamat yksityiskohdat.



Kolmiulotteinen malli, jossa kivien muodostamat yksityiskohdat, lähikuva.



Kolmiulotteinen malli, jossa kivien muodostamat yksityiskohdat, lähikuva.

TAULUKKO 2: YHTEENVETO MALLINNUKSESTA

Dokumentoitava kohde	LH1	FK2 pinta	FK2 krs.1	FK2 krs.2	FK2 krs3	JK3	RS4
Kuvia kpl	13	8	8	8	8	13	29
Käytetty kamera	NIKON D300S	iPhone 6s	iPhone 6s	iPhone 6s	iPhone 6s	iPhone 5	CANON EOS 2000D
Alueen koko (cm)	100 x 200	100 x 50	100 x 50	100 x 50	100 x 50	200 x 250	600 x 500
Minimi kuvausetäisyys (noin)	1.5 m	1.5 m	1.5 m	1.5 m	1.5	1.5 m	1.5 m
Alueen haastavuus	Taso 1	Taso 3	Taso2	Taso2	Taso2	Taso 3	Taso 2
Kuvan tyyppi ja resoluutio (keskiarvo)	JPG 4288 x 2848	JPG 3024 x 4032	JPG 3024 x 4032	JPG 3024 x 4032	JPG 3024 x 4032	JPG 4032 x 3024	JPG 6000 x 4000
Kuvien tunnistaminen ohjelmistossa	13/13	3/7	7/8	8/8	8/8	13/13	29/29
Käytetty aika mallintamisessa (min)	15	10	15	8, 60	6,47	35	65
Lopullisen mallin laatu.	Hyvä	Tyydyttävä	Hyvä	Erinomainen	Erinomainen	Hyvä	Hyvä
Käyttö arkeologisessa dokumentoinnissa	Mahdollista	Parannuksia vaativa	Mahdollista	Mahdollista	Mahdollista	Pieniä parannuksia vaativa	Mahdollista
Tallenteen koko	442 MB	136 MT	32,6 MT	15.5 MT	5 GB	86,7 MT	342 MB

Tasojen selitteet:

Taso 1: Alueen valotusta voidaan säädellä, ei näköesteitä ja/tai studio.

Taso 2: Alueen valotus säästä riippuvainen, jonkin verran kasvustoa, ei vahvoja varjoja tai ei varjoja lainkaan

Taso 3: Alueen valotus säästä riippuvainen, paljon kasvustoa, joka muodostaa näköesteitä ja/tai varjoja.

Laadun selitteet:

Erinomainen: vain pari kuvaa puuttuu, kohde mallinnettu täydellisesti.

Hyvä: kuvia saattaa puuttua, mutta se ei haittaa jatkokäyttöä tai alueen hahmottamista 3D-mallina.

Tyydyttävä: Kuvia puuttuu tai ne voidaan yhdistää toisiinsa. Osia puuttuu, mutta kokonaisuus voidaan hahmottaa.

Heikko: kuvia puuttuu ja aukot tai epäselvyydet haittaavat mallin tuottamista ja/tai tulkintaa

TAULUKKO 3: YHTEENVETO MALLIEN PISTEPILVISTÄ

Työstettävä kerros	Harvapistepilvi (avainpistettä)	Tiheäpistepilvi (avainpistettä)
LH1	5497	1 676 234
FK2 pinta	5666	785 402
FK2 1krs	1333	840 405
FK2 2krs	1931	1 083 237
FK2 3krs	1730	1 072 147
JK3	4424	1 223 098
RS4	6283	5 853 538